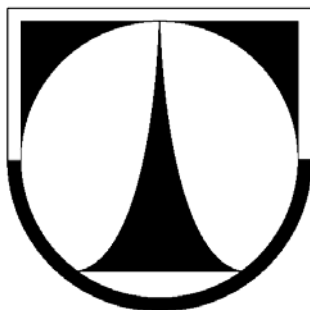


Technická univerzita v Liberci

Fakulta strojní



DIPLOMOVÁ PRÁCE

Laboratorní model mikropočítačového řízení
manipulačního vozíku pro transport materiálu

Liberec 2005

Pavel Bílý

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta strojní

Studijní obor : M2301 Automatizované systémy řízení ve strojírenství

Zaměření : Automatizace inženýrských prací

Katedra aplikované kybernetiky

Laboratorní model mikropočítačového řízení manipulačního
vozíku pro transport materiálu

Laboratory model with microprocesor control manipulating truck
for transport material

Pavel Bílý

Vedoucí diplomové práce: Prof. Ing. Miroslav Olehla, CSc.

Konzultant diplomové práce: Ing. Slavomír Němeček

ANOTACE

Technická univerzita v Liberci Fakulta strojní

Katedra aplikované kybernetiky

Studijní obor :	23 – 40 – 8 Automatizované systémy řízení ve strojírenství
Studijní zaměření :	Automatizace inženýrských prací
Diplomant :	Pavel Bílý
Téma práce :	Laboratorní model mikropočítačového řízení manipulačního vozíku pro transport materiálu
Theme of work :	Laboratory model with microprocesor control manipulating truck for transport material
Rok obhajoby DP :	2005
Vedoucí DP :	Prof. Ing. Miroslav Olehla, CSc.
Konzultant DP :	Ing. Slavomír Němeček

Stručný výťah :

Cílem diplomové práce je návrh a realizace laboratorního modelu polohového servomechanismu, který by měl rozšířit budovanou, internetově sledovanou a ovládanou, laboratoř katedry aplikované kybernetiky SF TUL.

Model je realizován jako vozidlo transportující materiál po zadané trajektorii na základě požadavků nadřazeného systému. Celý model se skládá z vozidla, portálového jeřábu a PC, které pracuje jako nadřazený systém. Tento model by měl umožnit studentům získat základní znalosti o práci mikrokontrolérů, jejich obvodů a některých čidel.

Abstract:

The aim of this thesis is a design and realization of a positional servomechanism laboratory model, which should widen the Internet-monitored and controled laboratory (currently under construction) of the Departement of Applied Cybernetics SF TUL.

The model is conceived as a vehicle transporting material on a given trajectory, which is set according to the requirements of a superior system. The model itself includes a vehicle, a portal crane and a PC, which is the superior system. This model should help students to acquire basic knowledge of how microcontrollers, their circuits and some of the sensors work.

Poděkování

Na tomto místě je mojí milou povinností poděkovat Prof. Ing. Miroslavu Olehlovi, CSc., Ing. Slavomíru Němečkovi a Ing. Petru Olivovi za odborné vedení, cenné rady, poskytnuté informace a za pomoc při zpracování diplomové práce.

Dále bych zde také rád poděkoval rodině a přátelům za neustálou a trpělivou podporu během celého mého studia na TU v Liberci.

Prohlášení o využití diplomové práce

Byl jsem seznámen s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/200 Sb. O právu autorském, zejména §60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

V Liberci 27. 5. 2005

.....
Pavel Bílý

Místopřísežné prohlášení

„Místopřísežně prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury.“

V Liberci 27. 5. 2005

.....
Pavel Bílý

OBSAH

1. Úvod	9
2. Polohový servomechanismus	10
2. 1. Druhy servomechanismů.....	10
2. 2. Části servomechanismu.....	11
2. 3. Matematický model servomechanismu.....	11
2. 4. Identifikace.....	12
3. Uspořádání řídicích členů.....	13
3. 1. Druhy signálů v řídicích obvodech.....	14
3.1.1 Analogové signály.....	15
3.1.2 Diskrétní signály.....	16
3. 2. Rušení užitečného signálu.....	17
3. 3. Ochrana proti rušení.....	23
3.3.1 Ochrana jednotek na zpracování signálů.....	23
3.3.2 Ochrana přenosových tras.....	25
3.3.3 Ochrana na síti.....	25
3. 4. Galvanické oddělení.....	26
3. 5. Součástky řídicích pohonů.....	28
3.5.1 Pasivní součástky.....	28
3.5.2 Polovodičové součástky.....	28
3.5.3 Integrované obvody.....	29
4. Mikrokontroléry.....	30
4. 1. Rozdělení mikrokontrolérů.....	31
4. 2. Periferní obvody mikrokontroléru.....	32

5. Realizace polohového servomechanismu.....	34
5. 1. Princip práce vozidla.....	34
5. 2. Realizace vozidla.....	35
5.2.1 Mikrokontrolér.....	35
5.2.2 Řízení otáček.....	38
5.2.3 Snímání otáček.....	40
5.2.4 Určení směru jízdy.....	41
5.2.5 Zastavení vozidla v nádraží.....	42
5.2.6 Konečná montáž vozidla.....	43
5. 3. Realizace depa a nádraží.....	44
5.3.1 Princip práce nádraží.....	44
5.3.2 Komunikace.....	45
5.3.3 Depo a nádraží.....	46
5.4 Konečná montáž vozidla a nádraží.....	47
 6. Závěr.....	 49
 Použitá literatura.....	 50
 Seznam příloh.....	 51

1. Úvod

Hlavním cílem této diplomové práce je seznámit se základními vlastnostmi mikrokontrolérů a na základě těchto znalostí realizovat laboratorní model servomechanismu, který bude sloužit jako učební pomůcka pro studenty katedry Aplikované kybernetiky.

Celý model se skládá z vozidla transportujícího materiál a jeřábu, který s ním komunikuje a určuje pozici, do které se má vozík přesunout. Celá tato sestava je podřízena řídicímu systému, kterým je v tomto případě osobní počítač. Práce s tímto modelem předpokládá alespoň základní znalosti z oblasti mikroelektroniky a programování mikrokontrolérů.

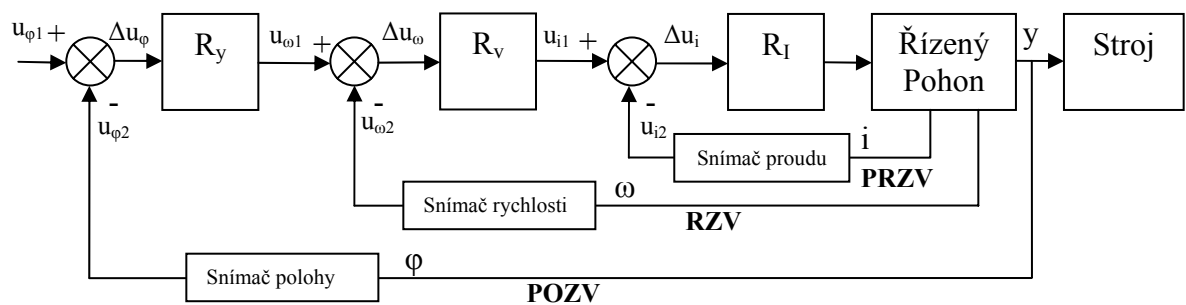
Práce obsahuje základní popis a rozdělení mikrokontrolérů a součástek použitých při samotné realizaci modelu. Dále jsou popsány druhy signálů a způsoby přenosu těchto signálů, jakož i teorie servomechanizmů, jejíž znalost je důležitým předpokladem pochopení celé úlohy. Všechny tyto znalosti je pak využito při realizaci laboratorního modelu vozidla transportujícího materiál do předem zadaného místa.

Tento model byl navržen, tak aby v budoucnosti mohlo dojít k jeho rozšíření, zdokonalení a začlenění do struktury internetově sledované a ovládané laboratoře ASŘ na katedře aplikované kybernetiky SF TUL.

2. Polohový servomechanismus

Servomechanismus je zařízení určené nejčastěji k regulaci polohy a jejích derivací podle času (rychlost a zrychlení). Obvykle se jedná o regulační obvod, kde regulovanou soustavou je motor a nelze ji zvlášť vyčlenit, jak to bývá obvyklé v ostatních oblastech regulace. Regulator a motor zde tvoří celek.

Hlavním požadavkem na servomechanismus je, aby výstupní veličina y přesně a rychle sledovala veličinu vstupní u . Aby i při rychlých časových změnách nedocházelo k velkým rozdílům mezi žádanou a výstupní veličinou.



R_y – regulátor polohy

u – vstupní veličina

R_v – regulátor rychlosti

y – výstupní veličina

R_I – regulátor proudu

PRZV – proudová zpětná vazba

RZV – rychlostní zpětná vazba

POZV – polohová zpětná vazba

Obr. 1: Schéma polohového servomechanismu

2.1 Druhy servomechanismů

Servomechanismy lze rozdělit podle druhu regulované veličiny na tyto nejčastější případy:

Polohové:

- u obráběcích strojů k zajištění vzájemné polohy nástroje a obrobku
- ovládání kormidel u letadel, lodí a raket
- řízení trajektorií průmyslových robotů
- nastavování polohy ventilů a šoupátek v energetických rozvodech, atd.

Rychlostní:

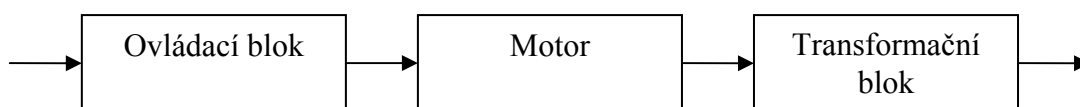
- např. hlavní pohon vřetene obráběcího stroje s plynulou regulací otáček, které mají být nezávislé na zatížení řeznou silou

Silové: Velmi podobné polohovým

- Konstrukce simulátorů zatížení u zkušebních strojů
- posilovače brzd a řízení dopravních prostředků, atd.

2.2 Části servomechanismu

Servomechanismus můžeme lze rozdělit na tři následující části, viz. obr. 2.



Obr. 2: Části servomechanismu

- **Ovládací blok** obsahuje obvody, které zajišťují ovládání, resp. regulaci parametrů pohonu na základě informací obsažených přímo v programu ovládacího bloku nebo na základě informací z nadřazeného řídicího systému.
- **Motor** zprostředkovává transformaci vstupní energie (nejčastěji elektrické) na mechanickou
- **Transformační blok** (nejčastěji převodovka) přenáší pohyb motoru na pohyblivou část zařízení

[1]

2.3 Matematický model servomechanismu

Systém do kterého je začleněn servomechanismus lze popsat mnoha způsoby. Existují například verbální, fyzikální, matematické a jiné modely dynamických systémů. Jedním z nejvýznamnějších je právě matematický model.

Matematický model je matematické vyjádření podstatných vlastností existujícího nebo konstruovaného systému, který popisuje znalosti systému v použitelné formě.

Modely představují zjednodušení a abstrakci studované reality. Rozdělují se na parametrické a neparametrické:

- Parametrické modely mají danou strukturu, čímž rozumíme řád a typ diferenciální nebo diferenční rovnice (lineární, nelineární diferenciální rovnice, typ nelinearity atd.) nebo soustavu těchto rovnic, obrazový nebo diskrétní přenos se zvolenými stupni polynomů atd. Parametrické modely představují z matematického hlediska rovnice nebo soustavy rovnic a algebraické vztahy, které explicitně obsahují koeficienty těchto rovnic a vztahů. Tyto koeficienty pak označujeme jako parametry matematických modelů.
- Neparametrické modely představují zpravidla funkční závislost mezi zvoleným vstupním a odpovídajícím výstupním signálem (např. y/u , y/d atd.). Tato závislost se vyjadřuje buď graficky nebo pomocí tabulky hodnot. Neparametrické modely vyjadřují zpravidla přechodovou, váhovou nebo frekvenční charakteristiku v grafické nebo tabulkové formě. Parametry modelu jsou pak obsaženy implicitně v těchto funkčních závislostech a lze je získat až jejich následným vyhodnocením pro zvolenou strukturu modelu.

2.4 Identifikace

Identifikaci chápeme jako nalezení matematického modelu daného procesu pro daný účel. Rozdělujeme se na identifikaci:

- analytická identifikace využívá k nalezení matematického modelu matematicko-fyzikální analýzy.
- experimentální identifikace vychází z měření na systému, výsledkem této identifikace může být:
 1. Funkční závislost mezi zvoleným vstupním a výstupním signálem nebo průběh dynamické charakteristiky. Tento postup je označován jako neparametrická identifikace.
 2. Parametry modelu zvolené struktury, je-li možno strukturu odhadnout. Hovoříme pak o parametrické identifikaci.

Identifikace statických a dynamických parametrů systému je určení matematického modelu co do struktury a parametrů.

[4, 5]

3. Uspořádání řídicích členů

Řídicí členy jsou zařízení, která zpracovávají signály a realizují operace řízení a kontroly. Většinou se navrhují pro univerzální použití, aby při návrhu a realizaci zařízení byly k dispozici v podobě unifikovaných celků, které se dají snadno integrovat do navrhovaného servomechanismu. Rozdělují se podle funkce a umístění v toku informací:

- Získávání a přenos informací
- Zpracování a uchování
- Vydávání a využívání informací

Podle druhu zpracovávaných signálů rozeznáváme řízení **analogové** a **číslicové**. S rostoucí integrací a komplexností součástek se číslicové řízení začíná prosazovat na úkor analogového, které bylo v minulosti mnohem méně nákladné než číslicové. Stavebnicové moduly, ale i jednoúčelové řídicí obvody, jsou sestavovány jak ze součástek diskrétních, tak i z integrovaných obvodů. Snaha je řešit stále více obvodů, jako obvody velké integrace s možností programování jejich činnosti. Analogová a číslicová technika se vzájemně doplňují a i při rostoucím použití číslicové techniky zůstává analogová část jako nutný doplněk v obvodech, kde se zpracovává analogový signál. Rozvojem integrovaných obvodů významně poklesly náklady na zpracování signálu. Náklady na měřicí a zadávací členy však nepoklesly. Výběr těchto členů tedy určuje při návrhu řídicího obvodu druh použitých signálů.

3.1 Druhy signálů v řídicích obvodech

Informaci může obsahovat obecně jakýkoliv signál. V elektrických pohonech se převážně pracuje s elektrickými signály, tj. **napětími a proudy**.

Výhody elektrických signálů:

- Přenos měřených veličin na velkou vzdálenost
- Možnost soustředění údajů z mnoha míst do jednoho centra (soustředění informací o velkém objektu v jednom místě)
- Sledování i časově velmi rychle proměnných veličin
- Možnost zesílení signálu (zvýšení citlivosti)
- Možnost bezdotykového měření, malá hmotnost zařízení, rychlá reakce na změnu měřené veličiny, ...

Nevýhody elektrických signálů:

- Možnost rušení elektromagnetickými zdroji
- Nutnost galvanického oddělení řídicí části pohonu od silové části.

Nositelkou informace může být kterákoliv vlastnost elektrického signálu. Podle způsobu přenášení informace rozeznáváme dvě základní skupiny signálů:

ANALOGOVÉ signály trvale zobrazují veličinu, kterou představují a průběžně sledují její změnu. Tuto skupinu tvoří signály:

- Amplitudové
- Kmitočtové
- Šířkově pulsně modulované
- Fázové

DISKRÉTNÍ signály sledovanou veličinu zobrazují v časově omezených skocích. Do této skupiny signálů patří signály:

- Binární (dvouhodnotové)
- Impulsní
- Číslíkové

Pro usnadnění zpracování a snížení nákladů na vyhodnocovací obvody se snažíme používat signály téhož druhu, abychom omezily náklady na převod signálů do podoby, se kterou pracuje řídicí člen.

[2]

3.1.1 Analogové signály

Předností analogových signálů je možnost dynamické korekce pomocí operačního zesilovače. Mají však společnou nevýhodu a tou je jejich malá odolnost vůči rušení.

U **analogového amplitudového signálu** je nositelkou informace amplituda napětí nebo proudu. Nejčastěji používané úrovně těchto signálů jsou napětí 0V až 10V, ± 10 V nebo proudy 0 až 20mA a 4 až 20 mA. (tzv. unifikované elektrické signály)

Zdrojem těchto signálů jsou např. potenciometry, tachodynamy, řízené polovodičové zdroje, atd. Signály je možné přímo zpracovávat v obvodech s operačními zesilovači. Výhodou jsou velmi malé náklady na přístroje pro generování signálu a jejich zpracování.

Analogový kmitočtový signál vyjadřuje informaci pomocí kmitočtu impulsů, který se spojitě mění. Nejčastěji se používají impulsy jejichž napěťová úroveň je 5V (TTL).

Zdroji těchto signálů bývají generátory impulsů, inkrementální rotační čidla, atd. signály se většinou zpracovávají v čítačích. Výhodou je dosažení vysoké přesnosti a snadný převod na číslicový signál. Nevýhodou je relativně vysoká citlivost na rušení a velké náklady na přístroje při měření elektrických veličin.

U **fázově analogového signálu** je nositelem informace fázové posunutí mezi dvěma, zpravidla periodickými signály.

Zdroji těchto signálů bývají různá čidla polohy a signály se zpracovávají v obvodech se zesilovači. Jsou sice citlivé na rušení, ale je možné dosáhnout vysoké přesnosti.

Náklady na přístroje jsou obvykle nízké a signál je snadno převeditelný na číslicový tvar.

Šířkově modulovaný pulsní signál přenáší signál ve tvaru šířky pulsu, která se spojitě mění.

Zdroji těchto signálů bývají například čidla mezních hodnot. Signály se zpracovávají v zesilovačích nebo pomocí měřidel času. Náklady na přístroje bývají nízké a signály umožňují i velmi rychlé regulace.

3.1.2 Diskrétní signály

Výhodou diskrétních signálů je větší odolnost proti rušení, než u analogových. Dynamické korekce lze dělat realizovat pomocí čítačů a počítačích zapojení. Binární signály umožňují rychlé regulace.

Nevýhodou je že musejí být kódovány podle některého ze standardních kódů.

V **binárním signálu** je nositelkou informace přítomnost nebo nepřítomnost signálu, resp. vyšší úroveň, tzv. High (H) nebo nižší úroveň, tzv. Low (L), resp. logická jednotka nebo logická nula.

Zdrojem těchto signálů jsou spínací relé, impulsní čidla atd. Tyto signály je možné zpracovávat pomocí relé, spínačů, komparátorů a logických členů. Náklady na přístroje bývají velice nízké.

Vícebodový signál je impulsní nebo kmitočtový signál, kde je informace přenášena jako počet impulsů za taktovací interval T (měřicí interval).

Zdrojem těchto signálů mohou být generátory kmitočtu, inkrementální čidla ve spojení se zdrojem taktování. Zpracovávají se v čítačích a paměťových registrech. Signál je zapamatovatelný a znovu reprodukovatelný a je možné jej snadno převést na číslicový.

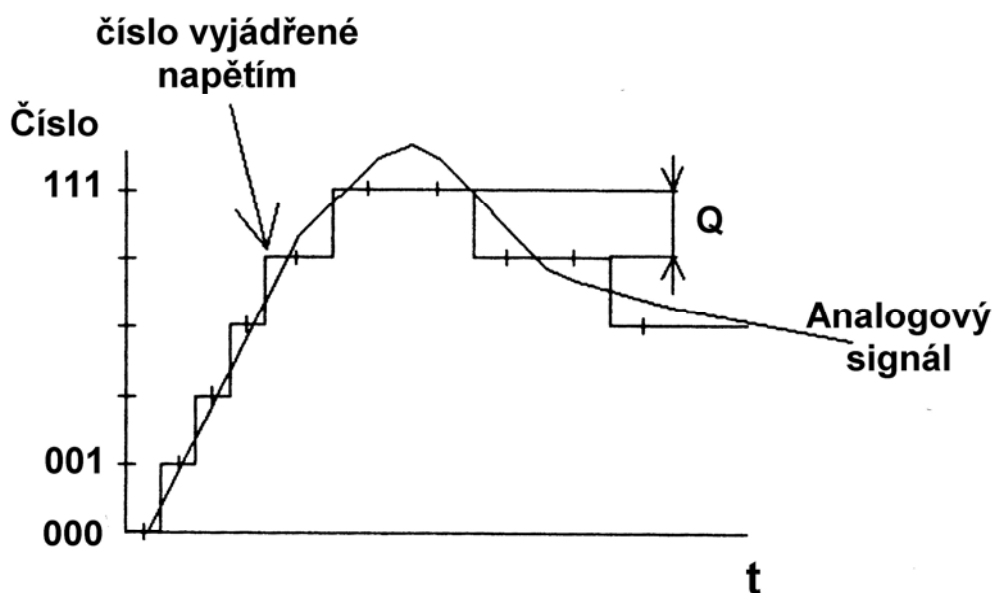
Číslicový signál je kombinací více binárních signálů. Jestliže je nositelem signálu časová posloupnost n impulsů, mluvíme o sériovém číslicovém signálu. Je-li

nositelem informace n současně vyslaných impulsů, mluvíme o paralelním číslicovém signálu. Každý impuls představuje základní jednotku informace, 1 bit.

Zdrojem těchto signálů mohou být kódovaná měřidla a kódované vstupní členy. Informace se zpracovávají pomocí různých počítačích zapojení, jejichž základem jsou logické obvody.

Výhodou je možnost přímého zpracování signálu na počítači. Výhodou paralelního signálu je větší rychlost zpracování. Nevýhodou však je větší počet vodičů.

Číslicové vyjádření jakékoliv veličiny znamená, že její hodnotu nahrazujeme určitým počtem přírůstků, daných celkovou rozlišovací schopností číslicového členu. Závislost mezi analogovým a číslicovým signálem je znázorněna na obr. 3.



Obr. 3: Souvislost mezi analogovým a číslicovým signálem

3.2 Rušení užitečného signálu

Elektronická řídicí zařízení pracují s velmi malými hodnotami napětí a proudu. Přitom jsou v těsném sousedství s výkonovými zařízeními (transformátory, motory, silnoproudé spínací a ovládací prvky, atd.). Tím roste nebezpečí vzniku rušivých vlivů, které mohou ovlivňovat funkčnost elektronických obvodů a mohou vést až k nevratnému poškození těchto obvodů. Tyto rušivé vlivy mohou vzniknout

galvanickými, kapacitními nebo indukčními vazbami nebo jsou jejich příčinou neideální vlastnosti částí systémů (skinefekt, odrazy na vedení apod.)

Podle umístění zdroje rušení rozlišujeme:

- Vlastní rušení – ze sousedních vedení, přepětí při spínání, 50Hz indukovaných z napájení, atd.
- Cizí rušení – vnější pole, rušení ze sítě, atd.

Podle principu vzniku rušení rozlišujeme:

- nízkofrekvenční stacionární působení – posunutí vztažného potenciálu, rušivá napětí síťového kmitočtu
- náhodně se vyskytující velmi rychle probíhající dynamické jevy – impulsy, přepětí, výpadky napětí na napájecí síti

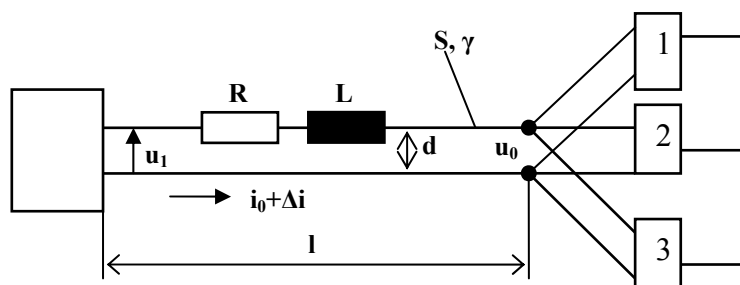
Nízkofrekvenční rušení ovlivňují hlavně analogová, vysokofrekvenční hlavně číslicová zařízení.

Z hlediska možnosti potlačení těchto rušení je nejdůležitější způsob, jakým se rušení do informačního signálu dostává.

[2]

Galvanické rušivé vlivy vznikají při spojení proudových obvodů přes společnou impedanci, např. přes impedanci vztažného vodiče náležejícího více proudovým obvodům, přes uzemňovací vodiče nebo přes společné napájení více spotřebičů.

Typické poměry jsou silně zjednodušeně zachyceny na příkladu napájecího systému pro více spotřebičů, viz. obr. 4.



Obr. 4: Vznik galvanických rušivých signálů

V ustáleném stavu je na spotřebičích napětí:

$$u = u_0 = u_1 - R * i_0$$

Jestliže v jednom spotřebiči sepne jedno nebo více hradel, způsobí to změnu di/dt , takže se původní napětí zmenší o úbytek napětí na odporu R vyvolaný proudem i a úbytek napětí na indukčnosti L . Tyto úbytky jsou rušivým napětím:

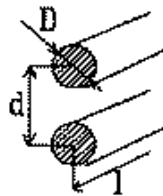
$$u_S = u_R + u_L$$

Ohmický úbytek je zpravidla zanedbatelný (při dostatečně velkém průřezu vodiče S) proti indukční složce:

$$u_L = L * \frac{di}{dt}$$

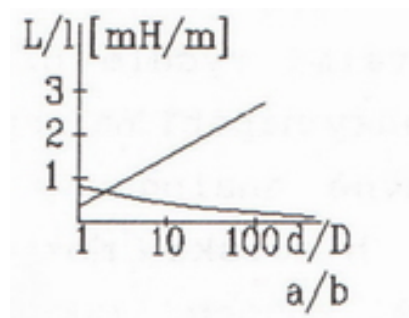
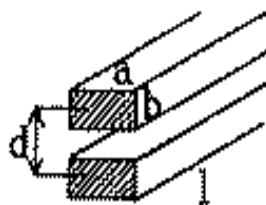
Pro vodiče kruhového průřezu platí:

$$L = \frac{\mu}{\pi} * \ln\left(\frac{2d}{D}\right)$$



Pro pásové vodiče ležící blízko u sebe platí (pokud $d \ll a$, $d \ll b$):

$$L = \frac{\mu}{\pi} * \ln\left(1 + \frac{1}{1 + a/b}\right)$$



Podíl $2d/D$ lze v nejlepším případě redukovat na hodnotu 2, ale poměr a/b může být > 10 , takže s plochými vodiči můžeme dosáhnout velmi malých indukčností. Proto se v informační elektronice používají ploché páskové kabely.

Kapacitní rušivé vlivy jsou způsobeny vazebními kapacitami, které jsou mezi vodiči náležejícími různým proudovým okruhům.

Prakticky zajímavé jsou tři případy:

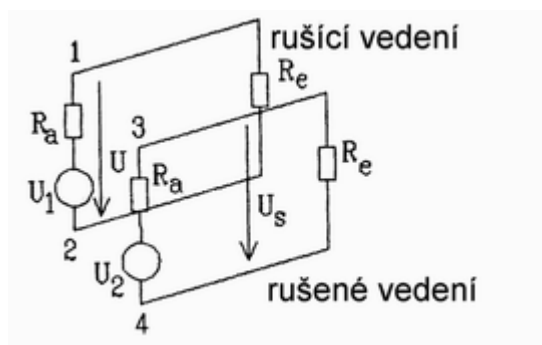
- a) Rušící a rušené vedení jsou galvanicky oddělena, viz. obr. 5. Pro přenesené rušivé napětí pak platí:

$$u_s = u * K * (C_{13} * C_{14} - C_{24} * C_{23})$$

které je rovné 0 pokud jsou kapacity symetrické, tj. pokud platí:

$$\frac{C_{13}}{C_{23}} = \frac{C_{14}}{C_{24}}$$

splnění této podmínky lze osáhnout buď připojením symetrizačních kondenzátorů nebo skroucením párů vodičů (1 s 2 a 3 s 4).



Obr. 5: Galvanické oddělení vedení

- b) Rušící a rušené vedení mají společný vztažný potenciál, viz. obr. 6. jako příklad může sloužit operační zesilovač, který je rušen napětím přenášeným přes kapacitu C_k mezi vstupním přívodem operačního zesilovače a kolem vedoucím vodičem, na kterém jsou změny signálu du/dt .

Prakticky můžeme připustit, že $C_k \ll C_2$. Pro impedance, které stojí v cestě rušivého signálu platí:

Pro OZ:
$$Z = R_2 + \frac{1}{p * C_2}$$

Pro vstup:
$$Z = \frac{1}{p * C_k}$$

Je-li obraz změny rušivé změny du/dt
$$u(p) = \frac{1}{p^2}$$

Výstupní napětí u_0 v časových souřadnicích dáno vztahem:

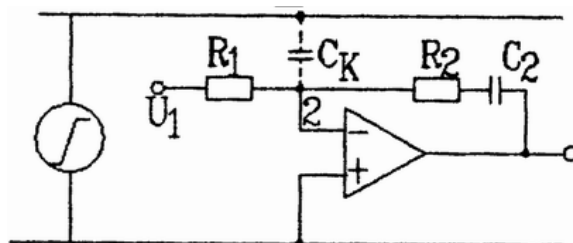
$$u_0 = -R_2 * C_k * \left(\frac{du}{dt} \right)$$

Při prudkých změnách du/dt mohou tedy vzniknout značná zkreslení výstupního signálu. Ve spínacích systémech s logickými členy mohou být kapacitami C_k přenášeny impulsy vyvolané sepnutím členu v jednom obvodu jako rušivé signály do druhého obvodu. Velikost C_k je dána geometrickým uspořádáním vodičů. Pro kruhové, paralelně vedené vodiče platí:

$$C_k = \frac{\pi * \epsilon_0 * \epsilon_r * 1}{\ln \left\{ \frac{d}{D} + \left[\left(\frac{d}{D} \right)^2 - 1 \right] \right\}}$$

d – vzdálenost vodičů

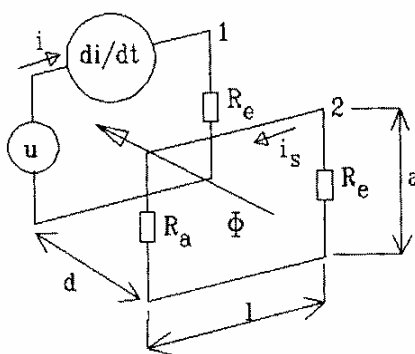
D – průměr vodiče



Obr. 6: Společný vztažný potenciál

- c) Hodnoty kapacity mezi rušeným vedením a rušící zemí jsou značné. Toto rušení nastává na dlouhých zemněných signálních vedeních, kde je na potenciálu země velký šum

Induktivní rušivé vlivy se přenášejí transformátorovou vazbou mezi proudovými okruhy. Jestliže v obvodu 1 vznikne změna proudu di/dt (např. u polovodičových měničů), indukuje se do okruhu 2 rušivé napětí dané časovou změnou proudu a vzájemnou indukčností obou okruhů (časovou změnou magnetického toku, který z okruhu 1 projde smyčkou okruhu 2), viz. obr. 7.



Obr. 7: Vznik induktivního rušivého signálu

Vzájemná indukčnost závisí na geometrickém uspořádání obou okruhů podle vztahu:

$$M = \frac{\mu_0 * l}{2 * \pi} * \ln(1 + (\frac{a}{d})^2)$$

Odrazy na vedení vznikají např. při přenosu binárních signálů, když není vedení impedančně přizpůsobeno, tj. když jeho vlnová impedance $Z_V \neq R_1$ a $Z_V \neq R_0$ a kromě toho, když doba náběhu impulsu t_A je menší než doba trvání signálu na vedení t_L , přičemž:

$$t_L = \frac{L}{v}$$

kde:

L = délka vedení

v = rychlost šíření signálu

$$v = \frac{1}{\mu_0 * \mu * \varepsilon_0 * \varepsilon} = 0.2m / ns$$

Při dané době náběhu impulsu se tedy musí počítat s rušením vlivem odrazů, když délka vedení překročí kritickou hodnotu L_K :

$$L_K = 0.1 * t_A \quad (\text{m; ns})$$

Odrazy způsobují zejména prodloužení přechodových jevů.

3.3 Ochrana proti rušení

U analogového systému může každé rušivé napětí způsobit zkreslení signálu, v logických systémech může rušivé napětí působit teprve po překročení určité prahové hodnoty (resp. doby působení).

Toto rušení nelze úplně odstranit, lze jej pouze pomocí vhodných prostředků potlačit. Neexistuje univerzální prostředek pro odstranění rušivých vlivů, proto je nutné postupovat individuálně podle místa vzniku, druhu poruchy.

[2]

3.3.1 Ochrana jednotek na zpracování signálů

K potlačení cizích polí obvykle vhodně volené stínění (např. v podobě uzemněného plechového krytu) elektronického zařízení. V ostatních případech se musí dávat pozor na:

- d) Volbu diskrétních součástek s nepřehnaným mezním kmitočtem (kapacitní vlivy, odrazy)
- e) Dávat přednost synchronizovaným režimům. Takt volit takovým způsobem, aby mohly doznít všechny spínací přechodové jevy.
- f) Potlačovat galvanické rušení
 - co nejkratší délky vodičů
 - velké průřezy vodičů

- malou vzdálenost vodičů
- používat ploché vodiče
- galvanicky oddělit na straně signálu ta zařízení, která mohou být na různých potenciálech ochranných systémů

g) Potlačovat kapacitní rušení

- co nejkratšími délkami vodičů
- co největšími vzdálenostmi mezi signálním vodičem a vedením s nezanedbatelným du/dt .
- co nejmenší dielektrickou konstantou izolačních materiálů
- skroucením signálních vodičů se vztažnými
- používat obvody s co nejnižším vstupním odporem
- nepoužívat zbytečně vysoké kmitočty
- odstranit prudké změny napětí na vedeních, která jsou v blízkosti logických obvodů
- stínit ohrožené obvody dobře vodivým kovovým stíněním

h) Potlačovat induktivní rušení

- co nejkratší vedení co největšího průřezu
- velká vzdálenost mezi signálními a silovými vodiči
- skroucením vodičů signálního, případně i silového obvodu
- stíněním kabelů, vodičů a přístrojů
 1. feromagnetické stínění proti nízkofrekvenčním polím
 2. nemagnetické stínění proti vysokofrekvenčním polím.

i) Potlačovat odrazy

- nepřekročit kritickou délku vedení l_k je prakticky možné jen na tištěných spojích
- nepoužívat zbytečně vysoké kmitočty
- používat impedančně přizpůsobená vedení

j) Jasně konstrukční oddělení informačních, elektromechanických a silových prostředků

k) Vztažný vodič spojit hvězdovitě a pokud možno s co nejmenší impedancí v jednom společném bodě.

3.3.2 Ochrana přenosových tras

Je nutné používat přizpůsobená vedení s definovaným vlnovým odporem a co největším odstupem mezi signálním a silovým vedením. Absolutně odolné proti rušení je optické vedení u dalších druhů vedení je třeba dbát na:

- nepoužívat stejný zpětný resp. vztažný vodič pro více signálů
- skroucení vodičů (twist)
- galvanické oddělení (optoelektrické oddělovače)
- používat co nejvyšší úroveň signálů (než je úroveň TTL)

3.3.3 Ochrana na síti

Na síti je nutné galvanicky oddělit napájení analogových, diskrétních a výkonových částí např. napájením z různých sekundárních vinutí síťového transformátoru. Dále je vhodné:

- vestavění síťových filtrů na vstupu
- ve větších systémech v objektech se silně zarušenou sítí napájet z motorgenerátoru
- co největší vzdálenost signálních a silových vedení

Realizace všech těchto opatření v praxi by byla dost nákladná a proto je vhodnější realizovat nejprve ta opatření, která se nejčastěji opakují. To je zpravidla:

- správné vedení a zemnění vztažných vodičů
- velká vzdálenost mezi silovým a signálním vedením
- používání plochých nebo kroucených vodičů (3 až 30 skrutů na 1m délky)
- volit vysoké úrovně signálů a nepoužívat vyšší kmitočty než je nutné
- galvanicky oddělit napájení, elektronická zařízení napájet vždy ze stejné fáze

Pouze když tato opatření nepomáhají, je vhodné přistoupit k výše uvedeným opatřením, aby byly rušivé vlivy co nejvíce eliminovány.

[2]

3.4 Galvanické oddělení

Galvanické oddělení řídicího a silového obvodu je nutné, jednak z důvodu ochrany obsluhy, jednak z důvodu ochrany a přizpůsobení řídicích signálů silovému. Ke galvanickému oddělení používáme několik druhů zařízení:

1. **Měřicí transformátory** známé z energetických měření se používají ke galvanickému oddělení měřících a silových obvodů při snímání střídavých napětí a proudů. Vyrábějí se měřicí transformátory napětí (MTU) a proudu (MTI).
2. **Modulátory a demodulátory** rovněž využívají transformátorovou vazbu pro galvanické oddělení obvodů a jsou vhodné i pro přenos signálů na větší vzdálenosti. Okamžitá hodnota signálu se vede do modulátoru, kde se jí moduluje nosný signál. Výsledkem je signál o vyšší kmitočtu, obvykle několik kHz. Modulovaný signál je po případném zesílení oddělen transformátorem a demodulován. Také nosný signál je na přívodu do modulátoru galvanicky oddělen transformátorem. používají se různé druhy modulace, u čidel většinou amplitudová, protože je nejjednodušší. Kvůli snížení rušících vlivů se používá také kmitočtová a pulsně šířková modulace.
3. **Hallův generátor** lze používat ke galvanickému oddělení obvodů při měření střední a okamžité hodnoty proudu až do desítek kA. Podstatou je destička z polovodičového materiálu vložená do homogenního magnetického pole o indukci B . Průchodem proudu i_k destičkou vzniká elektrické pole kolmé na směr indukce. Výstupní Hallovo napětí:

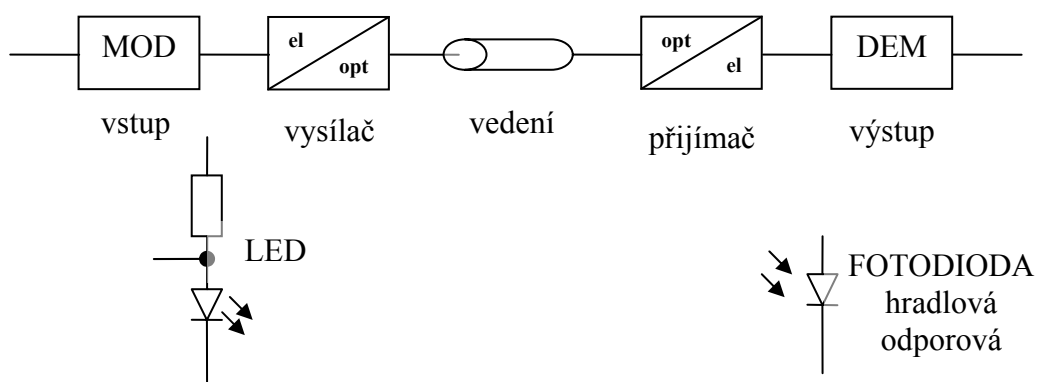
$$u_H = R_H * \frac{B * i_K}{h}$$

R_H – Hallova konstanta závislá na materiálu destičky a na teplotě.

Hallovy sondy přenášejí jak stejnosměrnou, tak i střídavou složku měřeného proudu a lze je proto použít pro kmitočty od 0 do asi 1 kHz.

4. **Optické oddělení** využívá optoelektronické součástky, které umožňují oddělit obvody s velkým potenciálovým rozdílem. Jejich kmitočtový rozsah je od stejnosměrných až po vysokofrekvenční signály. Díky nepatrným rozměrům vytlačují stále více jiné přenosové členy.

Základní uspořádání přenosové cesty (viz obr. 8) se skládá z modulátoru elektrického signálu, který je v optickém vysílači převáděn na optický signál. z vysílače je vhodným optickým vedením přenášen optický signál do přijímače. Kde je opět převeden na elektrický signál a demodulován.



Obr. 8: Uspořádání optické přenosové cesty

Vysílači jsou luminiscenční diody (LED) nebo diody, které emitují v infračervené oblasti (IRED). Používají se pro přenos informací až do rychlostí řádu MHz. Pro ještě vyšší kmitočty se používají speciální laserové diody.

Jako přijímače světelného signálu a převodníky na elektrický signál slouží fotodiody, fototranzistory a také fototyristory. Světelný signál se musí šířit od vysílače k přijímači vhodným prostředím. Spojovací médium může být součástí optoelektronické součástky (optron) nebo může být samostatné (optická vlákna). Optrony reflexní jsou uzavřeny v kovových pouzdrech. Jako vysílače se používá IRED a přijímačem je fototranzistor, jehož báze se nevyvádí. Pro malé rozměry a tím i krátké izolační vzdálenosti je použitelný do napětí 500V. Pro větší vzdálenosti se používají optické vodiče. Jsou to vlnové dielektrické vodiče ze skleněných vláken z krystalového skla nebo z optických vláken vícesložkových.

3.5 Součástky řídicích pohonů

Nejpoužívanějšími součástkami řídicích členů pohonů jsou elektrické pasivní a aktivní stavební prvky.

3.5.1 Pasivní součástky

Rezistory jsou součástky, které realizují elektrický odpor. Jedná se o nejčastěji používanou pasivní součástku, kterou se nastavuje velikost proudu tekoucího ze zdroje napětí nebo úbytek napětí v obvodu se zdrojem proudu. Elektrická energie se v něm mění na tepelnou.

Kondenzátor se široce uplatňuje jak ve střídavých, tak ve stejnosměrných obvodech. V obvodech střídavého proudu jsou kmitočtově závislou impedancí a posouvají vůči sobě napětí a proud (napětí se zpožďuje za proudem). Ve stejnosměrných obvodech pracují jako kapacity filtrační, blokové a vazební.

Cívka je zařízení pro generování vyššího střídavého napětí. Jsou stejně jako kondenzátory kmitočtově závislou impedancí (pro stejnosměrný proud se uplatní pouze odpor vinutí). Posouvají vůči sobě napětí a proud s opačným znaménkem než kondenzátory (proud se zpožďuje za napětím).

[2]

3.5.2 Polovodičové součástky

Diody jsou polovodičové součástky s jedním PN přechodem. Základními materiály pro jejich výrobu jsou Ge a Si. Vyrábí se řada druhů diod, např. Zenerova dioda pro stabilizaci napětí, Schottkyho dioda pro velmi rychlé spínání, svítící diody LED pro přenos informace světelným zářením, atd. Diodu můžeme použít také jako usměrňovač, pokud na její vstup přivedeme střídavé napětí. Proud teče pouze v propustném směru.

Tranzistory jsou polovodičové součástky se dvěma PN přechody. Podle způsobu činnosti je rozdělujeme na bipolární a unipolární. Bipolární tranzistor se řídí proudem, unipolární se řídí napětím. Výhodou tranzistorů unipolárních proti bipolárním je velký vstupní odpor, nízký šum a snadnější výroba. Za nevýhody lze považovat nízké napěťové zesílení, možnost použití pouze pro malé výkony a jsou nevhodné pro vysoké kmitočty. Podle způsobu připojení vstupního a výstupního signálu rozeznáváme tři základní druhy zapojení:

- se společným emitorem
- se společným kolektorem
- se společnou bází

Tato zapojení se liší proudovým, napěťovým zesílením a výkonovým, vstupním a výstupním odporem a fázovým posuvem vstupního a výstupního signálu.

[2]

3.5.3 Integrované obvody

V současnosti dochází k širokému využití integrovaných obvodů v řídicích systémech. Masovou výrobou těchto součástek dochází ke snížení jejich ceny, a proto jsou stále dostupnější pro použití v přenosových a řídicích součástech pohonů.

Všechny prvky integrovaného obvodu a jejich spoje se vyrábějí současně při jednom společném výrobním procesu na jedné monokrystalické křemíkové destičce (čipu). Integrované obvody se podle technologií a druhů obvodů dělí na:

- bipolární obvody
- obvody MOS (Metal Oxid Semiconductor) – MOS dovolují vyšší stupeň integrace, menší ztráty, jejich výroba je jednodušší a méně nákladná než u bipolárních obvodů. Naopak se však dosahuje menších pracovních rychlostí a nižšího pracovního výkonu. Jsou méně vhodné pro analogové funkce.

Operační zesilovače jsou základní integrované obvody pro zpracovávání analogových signálů. Ideální operační zesilovač má mít nekonečný vstupní odpor, nulový výstupní odpor a nekonečné napěťové zesílení. Protože operační zesilovač má velké napěťové

zesílení A_U je třeba v lineárních obvodech využívat zápornou zpětnou vazbu. Z toho vyplývají základní zapojení operačního zesilovače:

- invertující operační zesilovač
- neinvertující operační zesilovač
- diferenciální operační zesilovač

Logické obvody pracují bez jakéhokoliv individuálního nastavení podle jistých zásad konstrukce v širokém rozmezí změn vnějších parametrů (napětí, teplota, apod.). Hodnotám logických veličin se přiřazují odpovídající vstupní a výstupní napětí. Rozlišujeme pak:

- kladná logika, ve které logické hodnotě 1 přísluší vyšší kladné napětí než logické hodnotě 0
- záporná logika, ve které odpovídá logické hodnotě 1 zápornější napětí než logické hodnotě 0

Vzhledem k převládající technologii tranzistorů NPN se častěji využívá kladná logika.

[2]

4. Mikrokontroléry

Mikrokontroléry jinak též nazývané jednočipové mikropočítače je možno využívat v naprosto jednoduchých řídicích aplikacích i ve složitějších systémech řízení. Mikrokontroléry mohou nahrazovat logické kombinační a sekvenční obvody, jako např. převodníky kódů, čítače, registry, aritmetické jednotky a podobně. Jedná se o univerzální logický stavební prvek, který se vložením konkrétního programu stává jednoúčelový. Svým speciálním chováním vlastně nahradí řadu logických členů a zapojení je pak mnohem jednodušší, menší a lacinější a spolehlivější. Mohou však také pracovat v mnohem náročnějších situacích. Záleží to na výkonnosti a konstrukci mikrokontroléru.

- řadič a aritmetická jednotka – podle typu mikrokontroléru se používá délka slova 4, 8, 16, 32 bitů

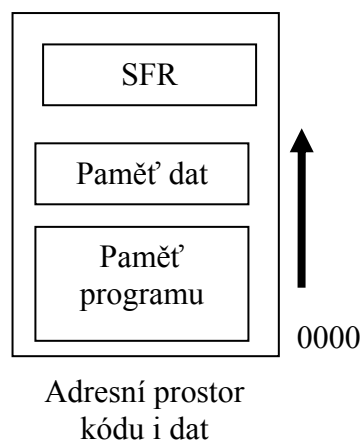
- paměť programu – EPROM nebo Flash. U mikrokontroléru určených pro konkrétní aplikaci s pevně daným programem pak paměť typu ROM
- paměť dat typu RWM (Read Write Memory), někdy doplněnou i pamětí EEPROM
- Periferní obvody pro vstup a výstup dat

Dále obsahují generátor hodinového signálu a další technické prostředky nutné pro funkci mikrokontroléru. Mikrokontroléry vyšší úrovně už mohou obsahovat A/D a D/A převodníky, DMA řadiče apod.

4.1 Rozdělení mikrokontrolérů

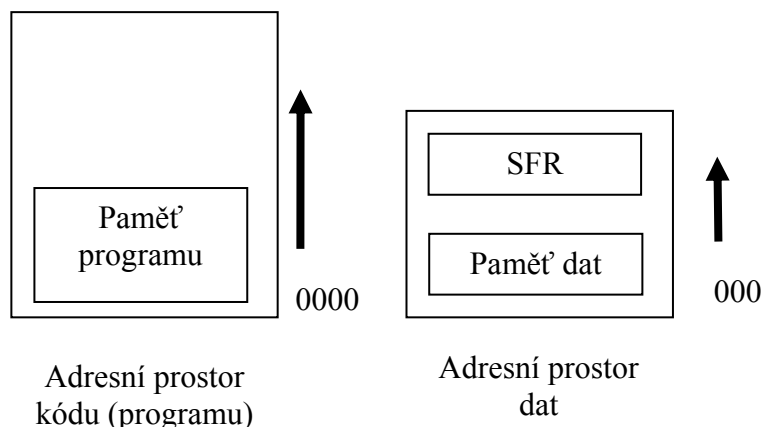
Z hlediska organizace paměťových prostorů lze mikrokontroléry rozdělit na dvě skupiny:

- a) Mikrokontroléry s lineárním uspořádáním adresního prostoru.



Obr. 9: Schéma lineárního uspořádání adresního prostoru

- b) Mikrokontroléry s odděleným adresním prostorem pro paměť programu a paměť dat.



Obr. 10: Schéma odděleného uspořádání adresního prostoru

4.2 Periferní obvody mikrokontroléru

Vybavení mikrokontrolérů periferními obvody je velice různorodé. Často se vyrábí jeden typ mikrokontroléru v mnoha variantách, které se od sebe liší právě použitými periferními obvody. Svými charakteristikami jsou potom tyto jednotlivé varianty určené pro konkrétní třídu aplikací. Například řízení elektrických pohonů, ovládání komunikačního zařízení, sběr dat z technologického procesu apod.

Za standardní lze považovat vybavení mikrokontroléru následujícími periferními obvody:

- 1) Paralelní IO porty. Většina mikrokontrolérů bývá vybavena jedním nebo více paralelními porty. Lze je použít pro vstup a výstup binárních dat, obvykle lze pracovat s celým portem najednou nebo samostatně ovládat jednotlivé bity portu.
- 2) Sériové rozhraní slouží pro komunikaci s ostatními mikrokontroléry, ovládacími panely nebo s nadřazenými počítači. Kromě standardního asynchronního přenosu dat (používaného též u rozhraní s protokolem RS232) podporují tyto linky i jiné protokoly jako jsou např. I²C, CAN, SPI atd. Sériová rozhraní s těmito protokoly jsou používána pro připojení vnějších pamětí, vnějších A/D převodníků, obvodů RTC (Real Time Clock) pro měření času, digitálních potenciometrů v různých elektroakustických přístrojích atd.

- 3) Obvody čítačů a časovačů také představují standardní vybavení mikrokontrolérů. Základní konfigurace s jedním až dvěma 8 nebo 16 bitovými čítači/časovači může být u specializovaných mikrokontrolérů rozšířena na 6-8 čítačů. Tyto čítače jsou často vybaveny speciálními funkcemi. Umožňují zachycení okamžiků změny logické úrovně řady signálů na vybraných vstupech, generování obdélníkových průběhů dané frekvence a střídý, dekódování dvoufázového signálu polohových čidel apod.

[6, 7, 8,10]

5. Realizace polohového servomechanismu

Idea celého projektu spočívá v tom, že obsluha zadá na PC požadavek na překládku materiálu z místa A do místa B. Jeřáb uchopí objekt, který se má přemístit a komunikuje s vozidlem tak, aby vozidlo přijelo do místa, které určí obsluha. Dojde k naložení materiálu a jeho transportu do místa určeného obsluhou. Po doručení materiálu na místo určení mikrokontrolér řídící dopravu vyšle zprávu PC, že materiál byl doručen na místo určení.

Při realizaci polohového servomechanismu jsem narazil na několik základních problémů, jejichž řešení bude popsáno v následujících kapitolách. Tato část bude ještě tematicky rozdělena na realizaci samotného vozidla, způsob „navigace“ a komunikace s jeřábem, jež by měl s vozidlem tvořit celý laboratorní model.

5.1 Princip práce vozidla

Vozidlo má dopravovat materiál po zadané trajektorii do předem určeného místa. Po vyhodnocení několika způsobů řízení a určení trajektorie jsem dospěl k následujícímu řešení.

Vozidlo se bude pohybovat po kolejnici, což sice neumožňuje jeho volný pohyb, ale značně usnadňuje jeho řízení. Bylo zvažováno několik způsobů zadání trajektorie např. pomocí reflexní čáry namalované na podložku, podle které se mělo vozidlo pohybovat nebo zadání trajektorie pomocí vysokofrekvenčně napájeného kabelu, ale toto řešení bylo z nedostatku času a prostředků opuštěno. Pro ovládání vozidla a jeho komunikaci s okolím jsou použity dva mikrokontroléry PIC 16F877.

První je umístěn na vozidle a zajišťuje celkový chod vozidla, vyhodnocení různých stavů atd., podle toho řídí rychlost otáčení motoru a aktivaci některých čidel.

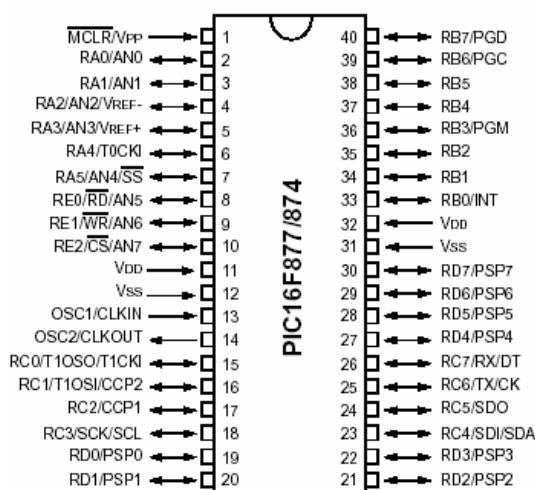
Druhý zajišťuje komunikaci s jeřábem, komunikuje s nádražími a obsluhuje světelnou závoru, pomocí které je řešen směr pohybu vozidla.

Práce mikrokontrolérů a ostatních zařízení s nimi spojených je popsán v následujících kapitolách.

5.2 Realizace vozidla

5.2.1 Mikrokontrolér

Základem mé diplomové práce se stal mikrokontrolér PIC 16F877 od firmy Microchip, viz. obr. 11. Jedná se o univerzální jednočipový 8-mi bitový mikrokontrolér. Je vyroben technologií CMOS a je založen na architektuře RISC. Má oddělenou programovou a datovou paměť. Rozsah pracovního napětí od 2.0V do 5.5V, snese poměrně velké proudové zatížení do/z vývodu až 25mA. Velký rozsah pracovních teplot a velice nízký odběr, méně než 2mA při 5V, 4MHz. Jednou z největších předností je integrovaný 10bitový A/D převodník, který má 8 vstupních kanálů.



Obr. 11: PIN diagram mikroprocesoru PIC 16F877

Mikrokontrolér pracuje se sadou 35 instrukcí a má schopnost zpracovávat přerušení (až ze 14 zdrojů).

Paměť je rozdělena na:

- 8kB x 14 Flash paměti
- 368B x 8 datové paměti (RAM)
- 256B x 8 datové paměti EEPROM

Operační rychlost 20MHz, což je 200ns na instrukční cyklus.

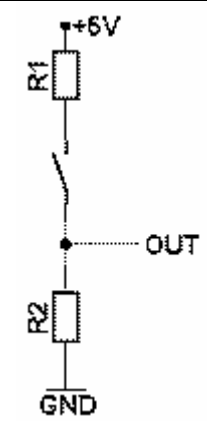
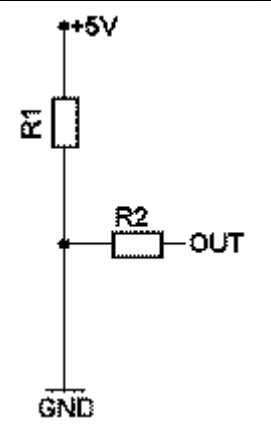
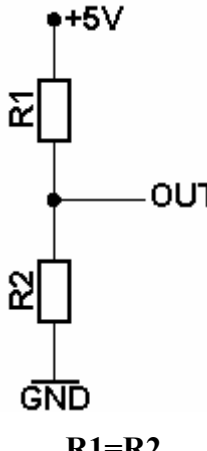
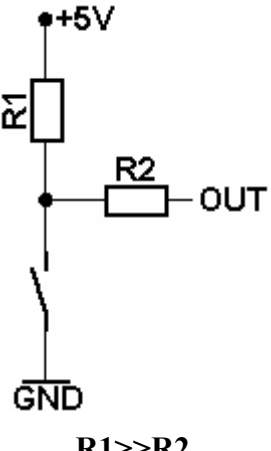
Další podrobnosti v příloženém DATA SHEET od firmy Microchip.

Při práci s mikrokontrolérem je nutné dbát na několik důležitých zásad:

- nikdy nepřekročit maximální povolené napětí mikrokontroléru
- dbát na to, aby nedošlo ke změně polarity při napájení
- dodržet maximální povolené proudové a napěťové zatížení vstupů a výstupů
- seznámit se k čemu slouží, případně s jakým druhem logiky pracuje jednotlivý PIN mikrokontroléru.

Při dodržení těchto zásad, by měla být zaručena správná funkčnost mikrokontroléru a nemělo by dojít k jeho poškození, případně zničení. Většina opatření, která by tomu měla zabránit byla vysvětlena v teoretické části. Proto bych v této pasáži rád upozornil na druhy logiky, se kterými pracuje PIC 16F877. viz následující tabulka:

Tabulka č. 1: Druhy použité logiky u PIC 16F877

Stav	TTL logika	ST logika
LOG 0		
LOG 1	 $R1=R2$	 $R1 \gg R2$

U TTL logiky jsem zvolil velikost odporů $R1$ a $R2$ $1k\Omega$ a u ST logiky $R1=10k\Omega$ a $R2=300\Omega$.

Funkce a obsazení jednotlivých pinů

Následující tabulka č.2 ukazuje standardní nastavení pinů mikrokontroléru, pokud není použit integrovaný A/D převodník. Ten se nachází na pinech RA0/AN0, RA1/AN1, RA2/AN2, RA3/AN3, RA5/AN4, RE0AN5, RE1/AN6, RE2/AN7 a po resetu jsou tyto vývody nastaveny právě jako A/D kanály. Pokud je chceme používat jako logické, musíme použít zápis, který tyto vývody nastaví jako logické (viz. programová příloha).

*Tabulka č.2: Standardní nastavení pinů PIC 16F877
(bez použití integrovaného A/D převodníku)*

1	MCLR	TTL/ST	RB7	40
2	RA0 TTL	TTL	RB6	39
3	RA1 TTL	TTL	RB5	38
4	RA2 TTL	TTL	RB4	37
5	RA3 TTL	TTL	RB3	36
6	RA4 ST	TTL	RB2	35
7	RA5 TTL	TTL/ST	RB1	34
8	RE0 ST	TTL/ST	RB0	33
9	RE1 ST	+5V	V _{BD}	32
10	RE2 ST	GND	V _{SS}	31
11	V _{BD} +5V	ST	RD7	30
12	V _{SS} GND	ST	RD6	29
13	CLK IN	ST	RD5	28
14	CLK OUT	ST	RD4	27
15	RC0 ST	ST	RC7	26
16	RC1 ST	ST	RC6	25
17	RC2 ST	ST	RC5	24
18	RC3 ST	ST	RC4	23
19	RD0 ST	ST	RD3	22
20	RD1 ST	ST	RD2	21

Nastavení portů pro ovládání vozidla:

PORT A:

- RA0 – nastaven jako výstupní, slouží k ovládání chodu motoru
- RA1 – nastaven jako výstupní, slouží k ovládání chodu motoru
- RA2 – nastaven jako vstupní, slouží jako vstup z inkrementálního čidla
- RA3 – nastaven jako výstupní, slouží k aktivaci inkrementálního čidla

PORT B:

- RB0 – nastaven jako výstupní, slouží pro manuální ovládání(jízda vpřed)
- RB1 – nastaven jako výstupní, slouží pro manuální ovládání(jízda vzad)
- RB2 – nastaven jako vstupní, slouží pro volbu mezi manuálním a automatickým režimem

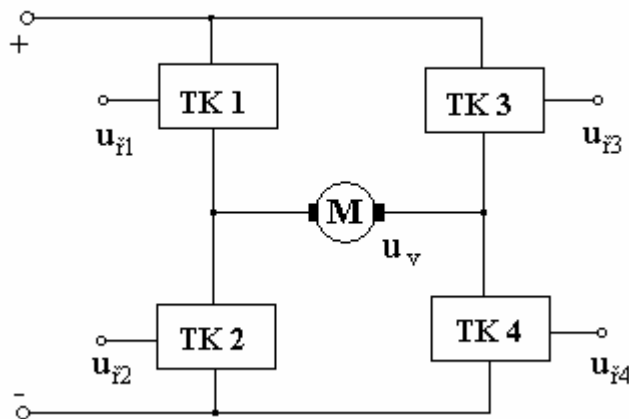
PORT D:

- RD0 – nastaven jako vstupní, slouží pro čidlo optické závory(jízda vpřed)
- RD1 – nastaven jako vstupní, slouží pro čidlo optické závory(jízda vzad)
- RD2 – nastaven jako vstupní, slouží pro čidlo návěští
- RD3 – nastaven jako výstupní, slouží pro IR vysílač vozidla

Navržená deska umožňuje využití i ostatních portů, pro budoucí rozšíření funkcí vozidla. Každý z portů je chráněn 300 Ohmovým odporem, čímž je zajištěna jeho částečná ochrana. Kompletní schéma zapojení a obrázek desky je uveden v příloze.

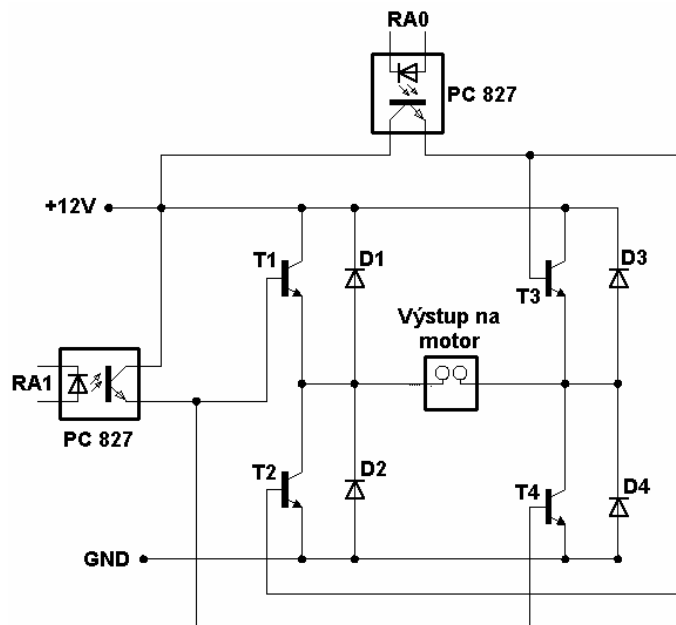
5.2.2 Řízení otáček

Pro řízení směru otáčení motoru bylo navrženo zapojení, dle přiloženého schématu. Byly využity zkušenosti z předchozí práce s mikrokontrolérem PIC 16F84, kdy jsme navrhovali zapojení pro řízení otáček čtyř elektromotorků. Zapojení bylo nutno modifikovat, jelikož u vozidla je nutná reversace chodu motoru. Původně jsem vycházel ze zapojení uvedeného na obr. 12.



Obr. 12: Princip mostového zapojení čtyř spínačů

Pro náš obvod bylo navrženo ovládání pomocí čtyř tranzistorů. Obvod ovládající motor je galvanicky oddělen od obvodu mikrokontroléru pomocí PC 827, na jehož piny jsou připojeny vývody RA0 a RA1 z mikrokontroléru, viz. obr. 13.



Obr. 13: Schéma ovládání motoru

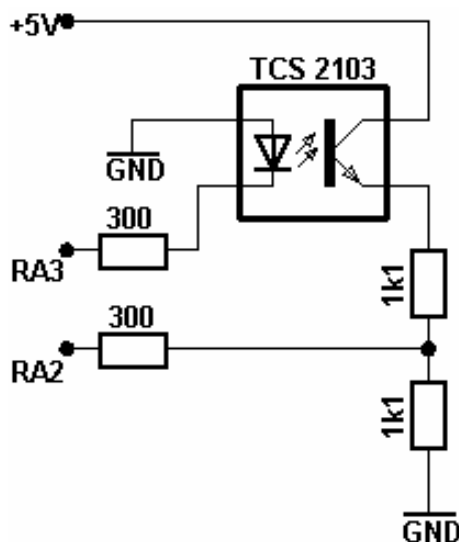
Směr otáčení motoru je řízen porty RA0 a RA1. Pokud je na výstupu těchto portů logický stav 00 motor se neotáčí, pokud nastane stav 01 motor se točí vlevo a pokud nastane stav 10 motor se točí vpravo. Stav 11 nesmí nikdy nastat, jelikož by mohlo dojít k poškození ovládání, proto je tato okolnost programově řešena (viz programová příloha).

Rychlost otáčení je řízena pomocí pulsně šířkové modulace. Mikrokontrolér vyhodnocuje pomocí inkrementálního čidla (viz. další kapitola) ujetou vzdálenost a podle toho upravuje rychlost vozidla, aby bylo dosaženo zastavení v předem určeném místě.

5.2.3 Snímání otáček

Pro snímání otáček jsem použil optickou závoru TCST 2103 (mezera 3.1mm, $I_f=20\text{mA}$, $U_{ce}=70\text{V}$, $I_c=0,1\text{A}$). Schéma zapojení této optické závory, viz. obr. 14. Toto řešení sice neumožňuje určení směru otáčení, ale bylo zvoleno pro jeho jednoduchost, názornost a malé pořizovací náklady. Jako clona je použita destička s 6ti otvory připevňená na vlečené nápravě vozidla, aby skutečně ujetá vzdálenost nebyla ovlivněna případným prokluzem poháněné nápravy.

Výstup mikrokontroléru RA3 aktivuje inkrementální čidlo, tím že aktivuje LED diodu ve světelné závoře. Vstup RA2 slouží k odečítání stavu, ve kterém se čidlo nachází.



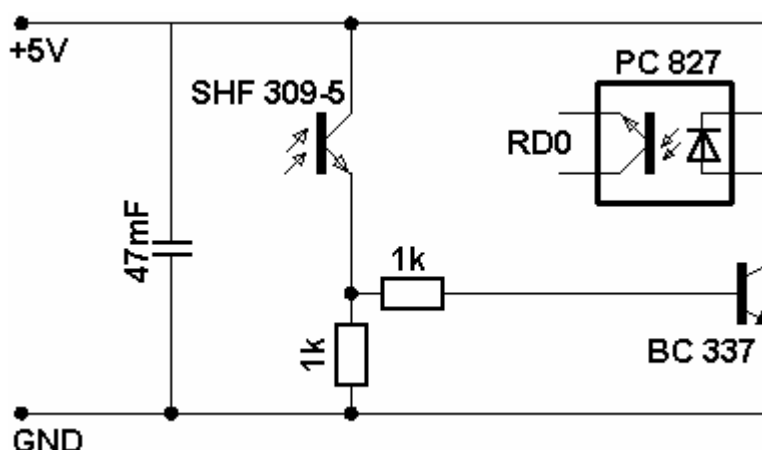
Obr. 14: Schéma zapojení optické závory TCS 2103

Největším problémem se stalo odečítání stavu v jakém se čidlo nachází. Při přechodu z jednoho stavu do druhého totiž docházelo k zámkitu a stavové hodnoty vůbec neodpovídaly skutečnosti. Tento problém byl nakonec ošetřen softwarově.

Při čtení aktuálního stavu čidla nedojde k jeho okamžitému zápisu, ale dochází k opakovanému čtení této hodnoty a pokud i po opakovaném čtení všechny tyto hodnoty odpovídají původní, je tento stav zapsán. Počet opakovaných čtení stavu inkrementálního čidla byl po několika pokusech stanoven na hodnotu 20. Takto vytvořené inkrementální čidlo svými vlastnostmi zcela dostačuje potřebám naší laboratorní úlohy.

5.2.4 Určení směru jízdy

Pro určení směru jízdy slouží optická závora složená z laserového modulu a fototranzistoru. Laserový modul HLDPM-650-3 (3mW, 650nm, napájecí napětí 3V) je řízen mikrokontrolérem, který slouží k ovládání nádraží a komunikaci s nadřazeným systémem v tomto případě jeřábem. Jako snímací prvek optické závory slouží fototranzistor SHF 309-5 (schéma zapojení viz. obr. 15)



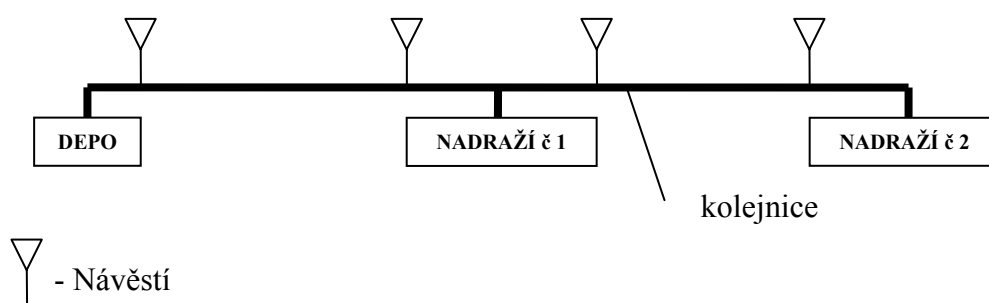
Obr. 15: Schéma snímacího členu optické závory

Na obou koncích dráhy, po které se vozidlo pohybuje, jsou umístěny laserové moduly. Podle požadavku, kterým směrem se má vozidlo pohybovat se aktivuje příslušný laserový modul. Dojde k aktivaci snímacího čidla na vozidle a to se rozjede směrem ke zdroji signálu. Optická závora má zároveň bezpečnostní charakter. Pokud dojde k výpadku signálu vlivem poruchy nebo je-li do dráhy vozidla umístěna překážka,

světelný paprsek se přeruší a vozidlo zastaví. Pokud je překážka odstraněna, paprsek se obnoví a vozidlo může pokračovat v jízdě do určené stanice.

5.2.5 Zastavení vozidla v nádraží

Vozidlo je koncipováno tak, aby zastavilo v nádraží, které mu určí nadřazený systém. Byl navržen systém jednoho depa, které vozidlo používá jako výchozí polohu a dvou nádraží. Depo a nádraží jsou řízeny mikrokontrolérem, přes který jsou spojeny s jeřábem.



Obr. 16: schéma uspořádání depa a nádraží

Před každým nádražím a depem jsou v předem dané vzdálenosti umístěny návěstí. Při průjezdu vozidla kolem tohoto návěstí je aktivováno inkrementální čidlo, které odměřuje ujetou vzdálenost od návěstí, viz. obr. 16. Rychlost vozidla je potom postupně snižována podle ujeté vzdálenosti od návěstí, až do úplného zastavení vozidla v nádraží. V každém nádraží je umístěn IR tranzistor, který má za úkol snímat IR vysílač vozidla. Při dojezdu vozidla do nádraží je aktivováno IR čidlo. Mikrokontrolér tento stav vyhodnotí a deaktivuje optickou závoru, která určuje směr pohybu vozidla. Pokud by tedy vznikla při odečítání vzdálenosti inkrementálním čidlem polohová odchylka, k zastavení vozidla dojde v těsné blízkosti nádraží.

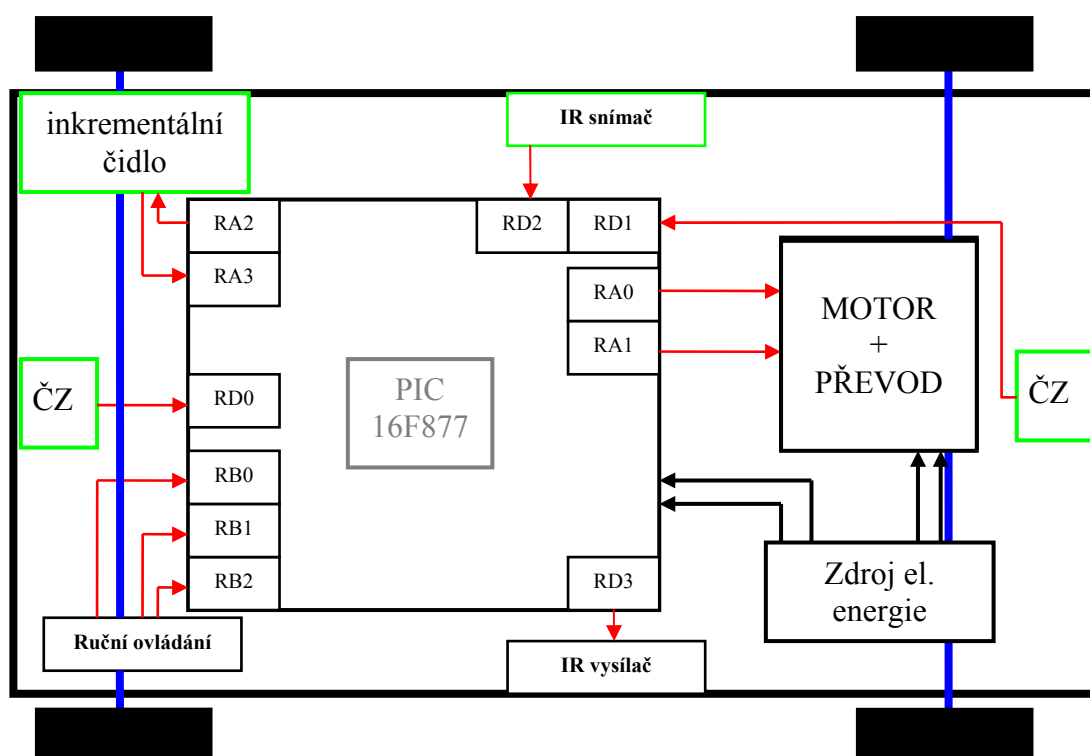
Návěstí je realizováno pomocí IR diody. Diody jsou díky velké proudové zatížitelnosti mikrokontroléru přímo přes 300 Ohmový odpor připojena na piny mikrokontroléru.

5.2.6 Konečná montáž vozidla

Pro konstrukci vozidla byla použita stavebnice MERKUR. Její značná flexibilita umožňuje v budoucnosti značně rozšířit možnosti vozidla.

Pro realizaci schémat a tvorbu desek plošných spojů byl využit program EAGLE, který umožňuje snadné vytváření schémat a pozdější generování desek plošných spojů. Je možno využít automatický režim generování nebo ruční tvorbu desky.

Desky byly vyrobeny v laboratoři pro vývoj a výrobu desek plošných spojů, která funguje na fakultě mechatroniky TU Liberec.



- vstupní a výstupní signály mikrokontroléru
- napájení motoru a desky
- mechanický převod

- ČZ – čidlo snímající optickou závoru
- IR snímač – čidlo snímající návěstí
- IR vysílač – indikuje kde se vozidlo právě nachází
- Ruční ovládání – čidlo snímající optickou závoru

Obr. 17: Schéma uspořádání vozidla

Veškerá zapojení byla nejdříve testována na nepájivém poli. Až po ověření všech způsobů zapojení a vlastností obvodů jsem přikročil k návrhu desky plošných spojů. Pro testování mikrokontroléru byla použita testovací deska Chipon II. Tato deska je vhodná pro ověření všech základních funkcí mikrokontroléru a je na ní možno simulovat i programy ovládající vozidlo.

Celkové schéma uspořádání vozidla je uvedeno na obr. 17. Konstrukce je rozdělena na několik částí jejichž funkce byla vysvětlena v předcházejících kapitolách. Veškeré podrobnosti k použitým součástkám, zapojením a programovému vybavení vozidla je uvedena v příloze nebo na přiloženém CD.

5.3 Realizace depa a nádraží

5.3.1 Princip práce nádraží

Depo a nádraží jsou řízeny pomocí mikrokontroléru PIC 16F877. Tento mikrokontrolér také zajišťuje komunikaci s nadřazeným systémem, čímž je v tomto případě jeřáb a PC.

Mikrokontrolér obdrží požadavek, do jaké polohy se má vozidlo přemístit. Po vyhodnocení této žádosti je aktivována optická závora a nádraží, resp. depo, do kterého se má vozidlo přesunout. Po dosažení této polohy mikrokontrolér odesílá zprávu jeřábu o dosaženém stavu a očekává další požadavek na změnu polohy.

Nastavení portů pro ovládání nádraží:

PORT A:

RA0 – IR čidlo depa

RA1 – IR čidlo nádraží č.1

RA2 – IR čidlo nádraží č.2

RA3 – aktivuje levý laserový modul

RA4 – aktivuje pravý laserový modul

PORT B:

- RB0 – návěstí depa
- RB1 – návěstí nádraží č.1
- RB2 – návěstí nádraží č.2
- RB3 – IR vysílač depa
- RB4 – IR vysílač nádraží č.1
- RB5 – IR vysílač nádraží č.2

PORT D:

- RD0 – komunikační port – vstupní
- RD1 – komunikační port – vstupní
- RD2 – komunikační port – výstupní
- RD3 – komunikační port – výstupní

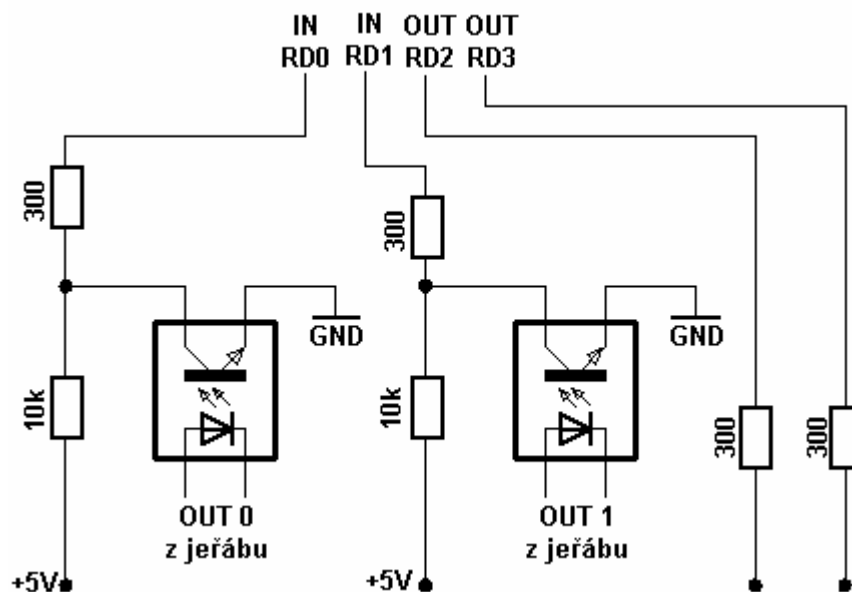
5.3.2 Komunikace

Pro komunikaci byly vyhrazeny porty RD0, RD1, RD2 a RD3. RD0 a RD1 slouží jako vstupní. RD2 a RD3 jako výstupní. Ostatní piny portu D byly ponechány volné pro budoucí rozšíření. Komunikace s jeřábem probíhá podle velice jednoduchého schématu, viz. obr. 18. Pokud se na vstupu portů RD0 a RD1 objeví kombinace určitých logických stavů, mikrokontrolér je vyhodnotí a reaguje aktivací příslušných nádraží a směru pohybu.

Přehled logických stavů:

- 11 → jízda vozidla do depa
- 01 → jízda vozidla do nádraží číslo 1
- 10 → jízda vozidla do nádraží číslo 2
- 00 → vyčkávací stav

Při tomto způsobu komunikace je nutno dávat pozor s jakým druhem logiky pracuje port D. Následující schéma ukazuje, jak je realizováno zapojení a galvanické oddělení od jeřábu.



Obr. 18: Schéma komunikace s jeřábem

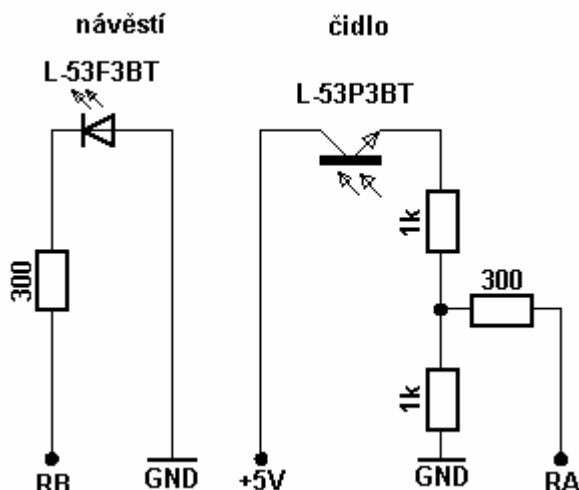
5.3.3 Depo a nádraží

Depo a nádraží je realizováno pomocí IR čidel a vysílačů. Před nádražím je umístěn IR vysílač jako návěstí a v nádraží se nachází IR čidlo. Po obdržení žádosti od jeřábu je aktivováno konkrétní nádraží tím způsobem, že je aktivováno návěstí a IR čidlo v nádraží čeká na signál vozidla, který signalizuje dosažení požadovaného stavu. Návěstí je umístěno před nádražím v předem definované vzdálenosti, na této dráze totiž dochází k brzdění vozidla, aby vozidlo bylo schopno zastavit v nádraží.

Jako návěstí jsem použil infračervenou diodu L-53F3BT (LED ø5mm, vysílací, 5-20mW/ 20mA, transparentní modrá, 30deg, 940nm).

Jako čidlo na vozidle a v nádraží byl použit fototranzistor L-53P3BT (Fototranzistor ø5mm, 30V, 940nm, 30deg).

Schéma zapojení nádraží a depa, viz. obr. 19.



Obr. 19: Schéma zapojení čidla a návěstí

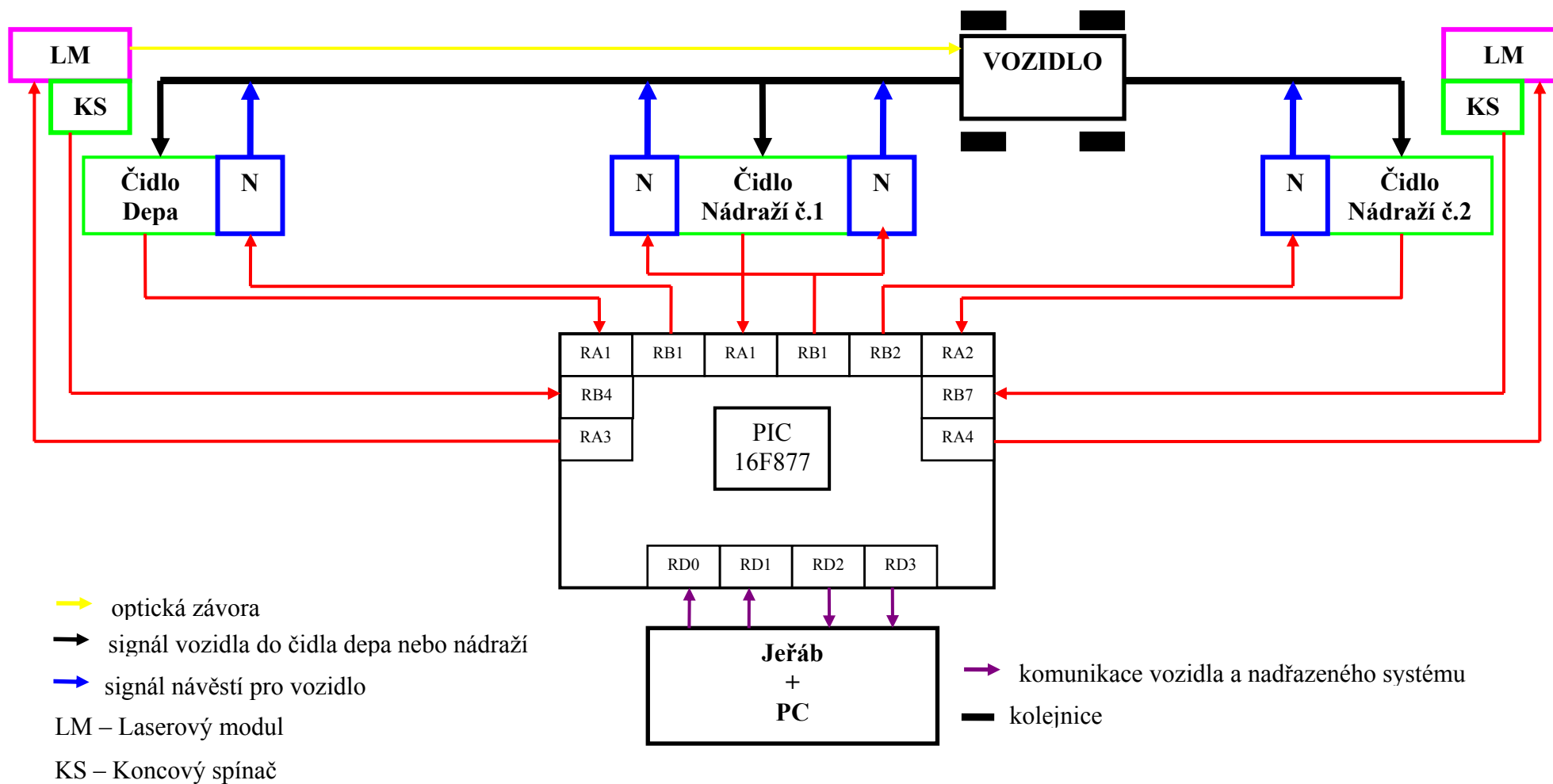
5.4 Konečná montáž vozidla a nádraží

Rozmístění jednotlivých částí modelu je patrné z příloženého obr. 20. Při konečné montáži celého modelu je nutné dbát určitých zásad:

- ◆ přesné umístění centrální kolejnice vůči vedení jeřábu
- ◆ umístit návěstí ve správné vzdálenosti před nádražím, aby nedocházelo k nepřesnostem při zastavování vozidla
- ◆ pečlivě umístit laserové moduly optické závory, aby nedocházelo k přerušení paprsku při pohybu vozidla
- ◆ dodržet rozmístění čidel na vozidle a v nádražích, aby byla zajištěna jejich správná funkce
- ◆ dodržet zásady při ožiování elektrických zařízení, aby nedošlo k poškození řídicích obvodů

Při dodržení těchto zásad by měla být zajištěna správná funkce celého modelu.

Podrobná schémata a výpisy programů jsou uvedeny na příloženém CD. CD také obsahuje podrobný popis použitých součástek, schémata, desky plošných spojů a ostatní podrobnosti k zapojení a realizaci modelu, které nejsou v diplomové práci uvedeny přímo.



Obr. 20: Schéma uspořádání nádraží a komunikace

6. Závěr

Cílem diplomové práce bylo na základě teoretických znalostí realizovat model polohového servomechanismu řízeného pomocí mikrokontroléru. Byl vytvořen model vozidla transportujícího materiál podél zadané trajektorie a komunikujícího s nadřazeným systémem, v tomto případě reprezentovaným jeřábem a PC.

Teoretická část je zaměřena na popis servomechanismů, mikrokontrolérů a způsobů jejich komunikace s okolím. Dále popisuje druhy signálů, se kterými mikrokontroléry pracují a způsob jejich přenosu v soustavách.

V praktické části diplomové práce je naznačen stručný popis realizace vozidla a způsob jeho řízení. Při realizaci bylo zvažováno několik způsobů řešení, která jsou naznačena v předchozím textu. Vozidlo bylo koncipováno takovým způsobem, aby v budoucnu mohlo dojít k rozšíření a vylepšení jeho vlastností a způsobů komunikace.

Model vozidla umožňuje, aby v budoucnosti byla komunikace mezi mikrokontroléry řešena pomocí protokolu I²C. Dále bude možné vlastnosti vozidla vylepšit o nový způsob navigace a ovládání. Konstrukce také umožňuje použití různých druhů čidel, takže by model mohl sloužit jako vhodná názorná pomůcka pro studenty.

6. POUŽITÁ LITERATURA

- [1] Souček, P.: Elektrohydraulické servomechanismy. Ediční středisko ČVUT, Praha
- [2] Pivoňka, P.: Řídící členy pohonů. Ediční středisko ČVUT, Praha 1992
- [3] Souček, P.: Servomechanismy NC strojů a průmyslových robotů. Ediční středisko ČVUT, Praha 1992
- [4] Modrlák, O.: Úvod do identifikace. KŘT TU v Liberci, Liberec 2003
- [5] Olehla, M. a kol.: Základy aplikované kybernetiky. KKY TU v Liberci, Liberec 1996
- [6] <http://www.cmail.cz/doveda/>
- [7] <http://www.bezstarosti.cz/>
- [8] <http://www.microchip.com>
- [9] <http://www.zesilovace.cz>
- [10] <http://home.zcu.cz/%7Edudacek/Pot/mikrokontrolery.pdf>

Seznam příloh

Příloha 1: Schéma zapojení desky vozidla

Příloha 2: Schéma zapojení desky nádraží

Příloha 3: Vývojové schéma funkce nádraží

Příloha 4: Vývojové schéma funkce vozidla

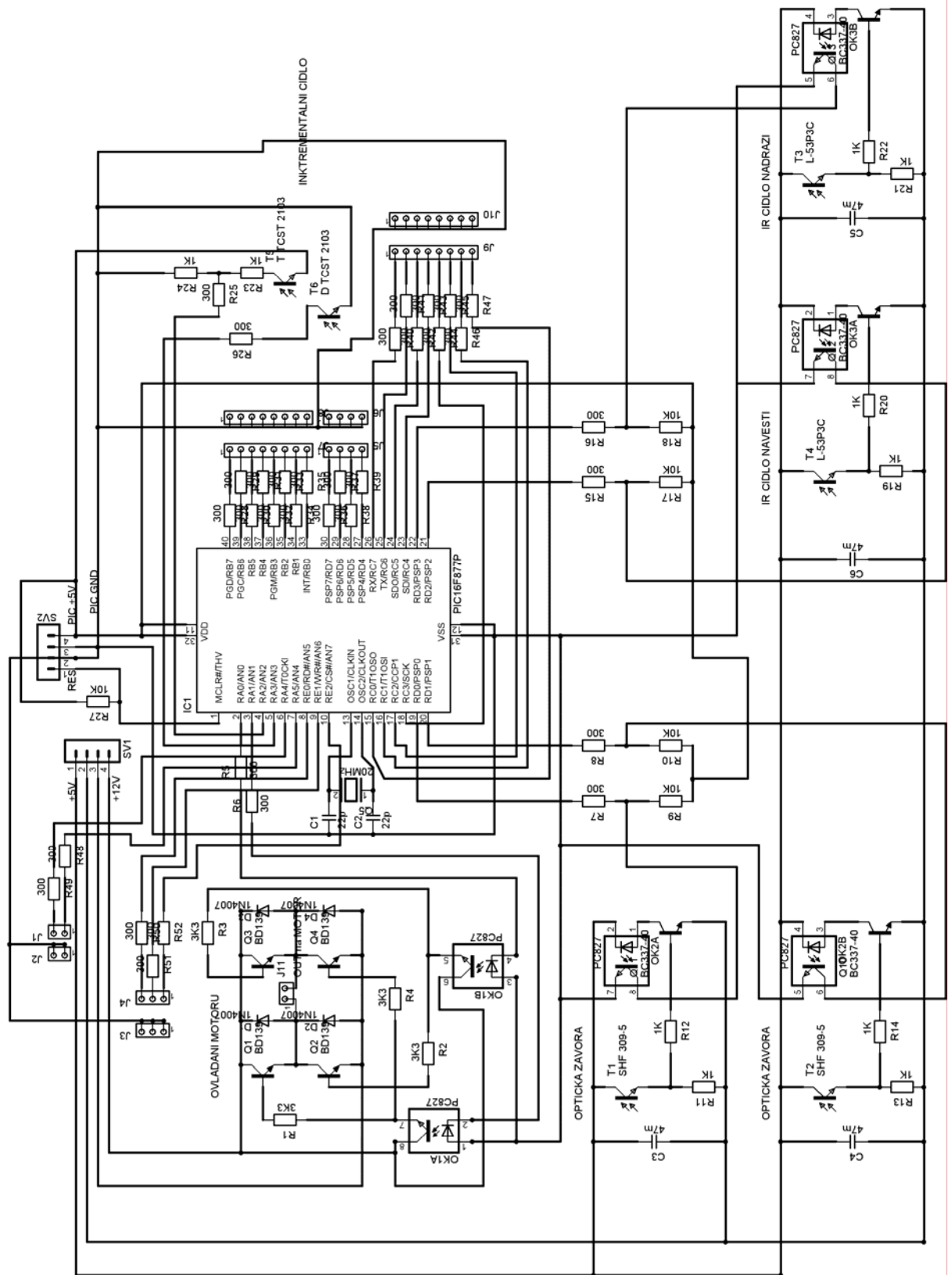
Příloha 5: Princip práce inkrementálního čidla

Příloha 6: Desky plošných spojů

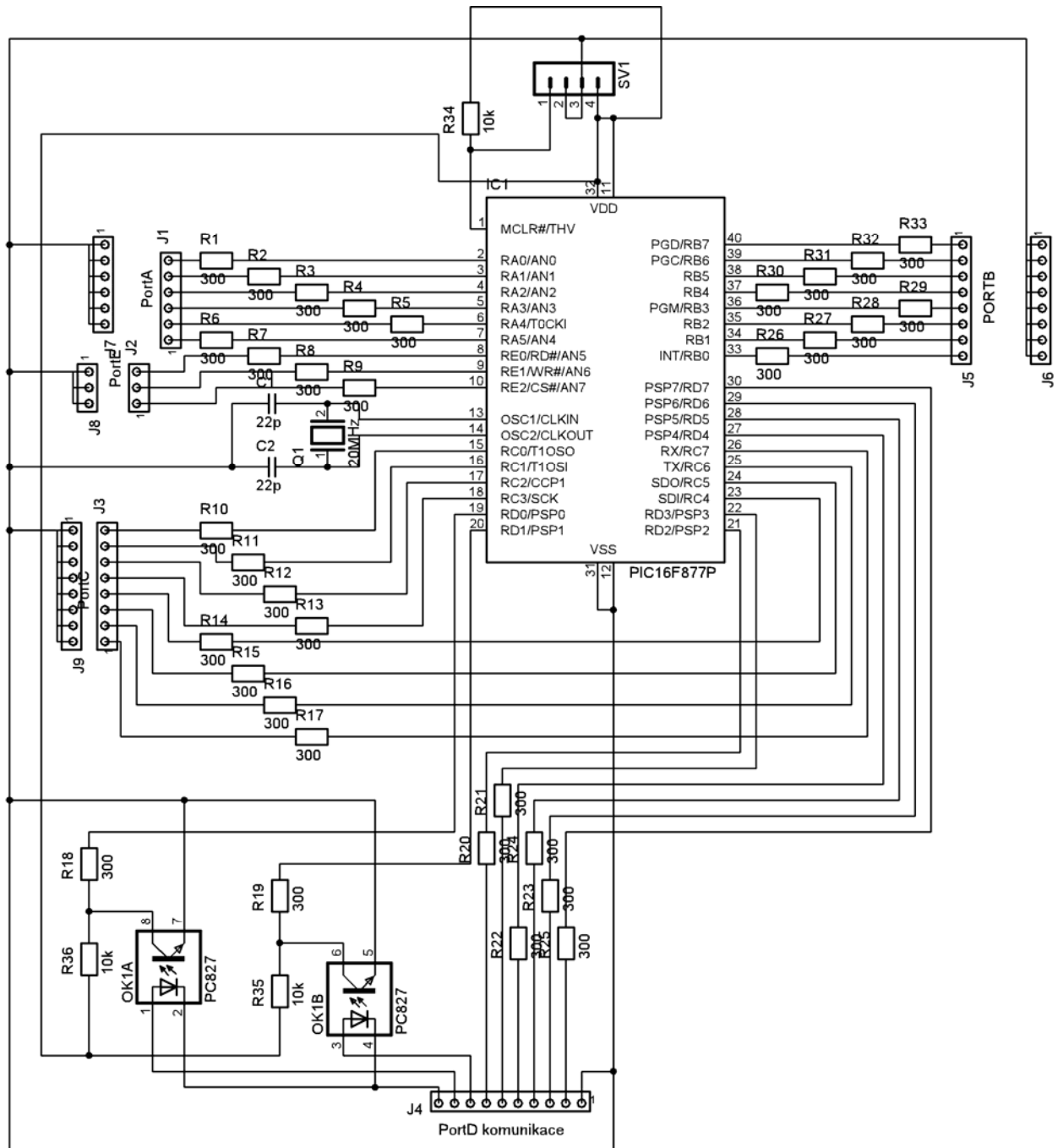
Příloha 7: Seznam součástek použitých při realizaci vozidla

Příloha 8: Seznam součástek použitých při realizaci nádraží

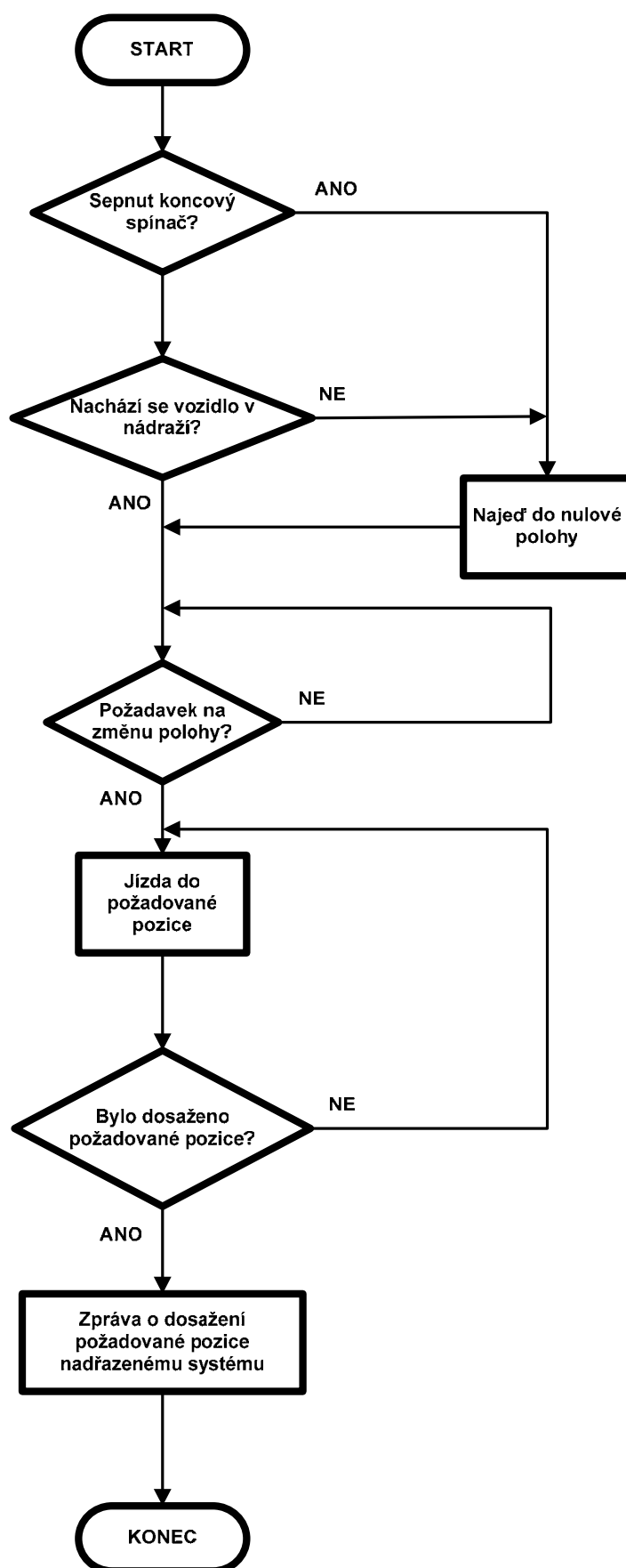
PŘÍLOHA 1: Schéma zapojení desky vozidla



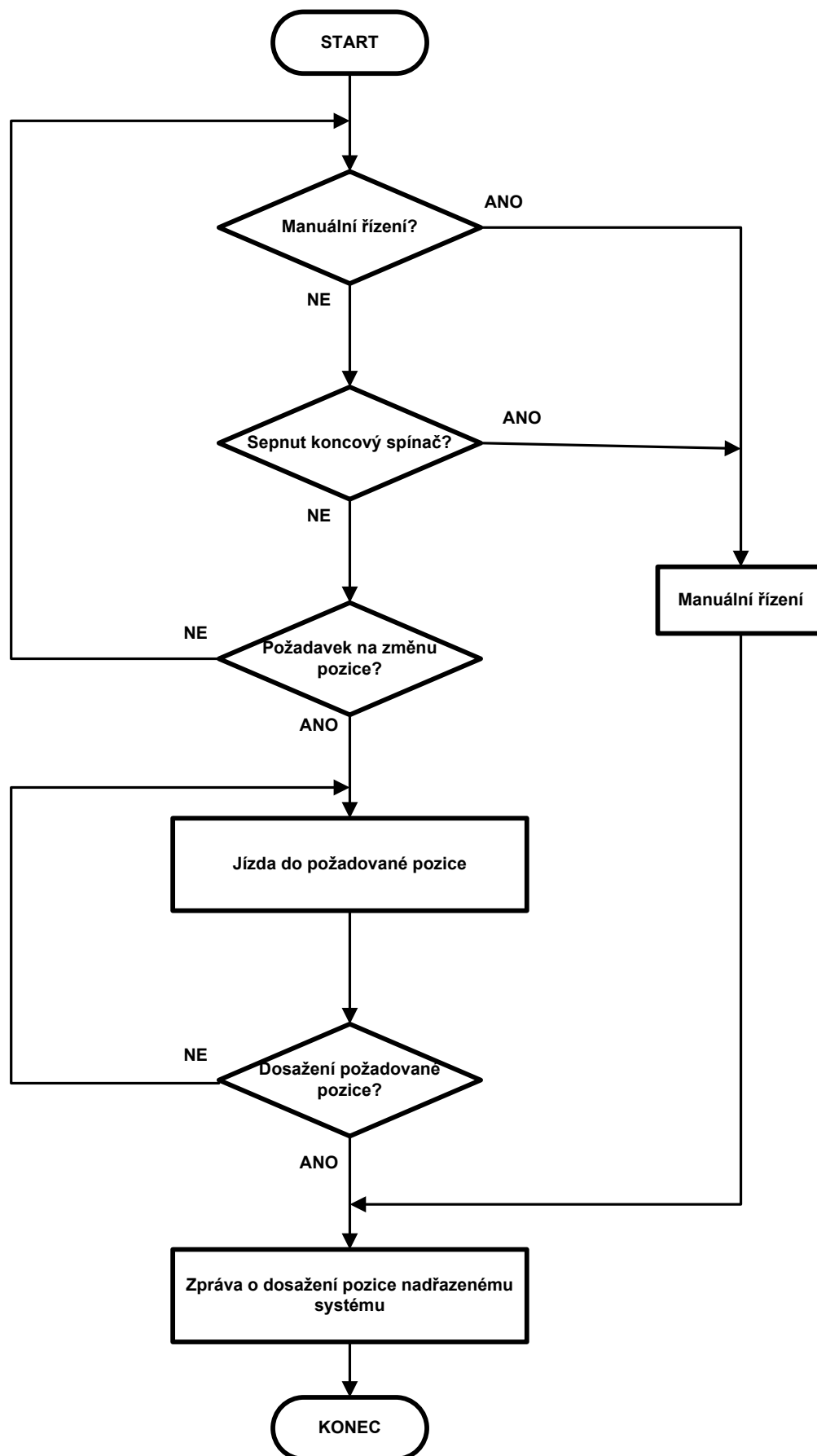
PŘÍLOHA 2: Schéma zapojení desky nádraží



PŘÍLOHA 3: Vývojové schéma funkce nádraží

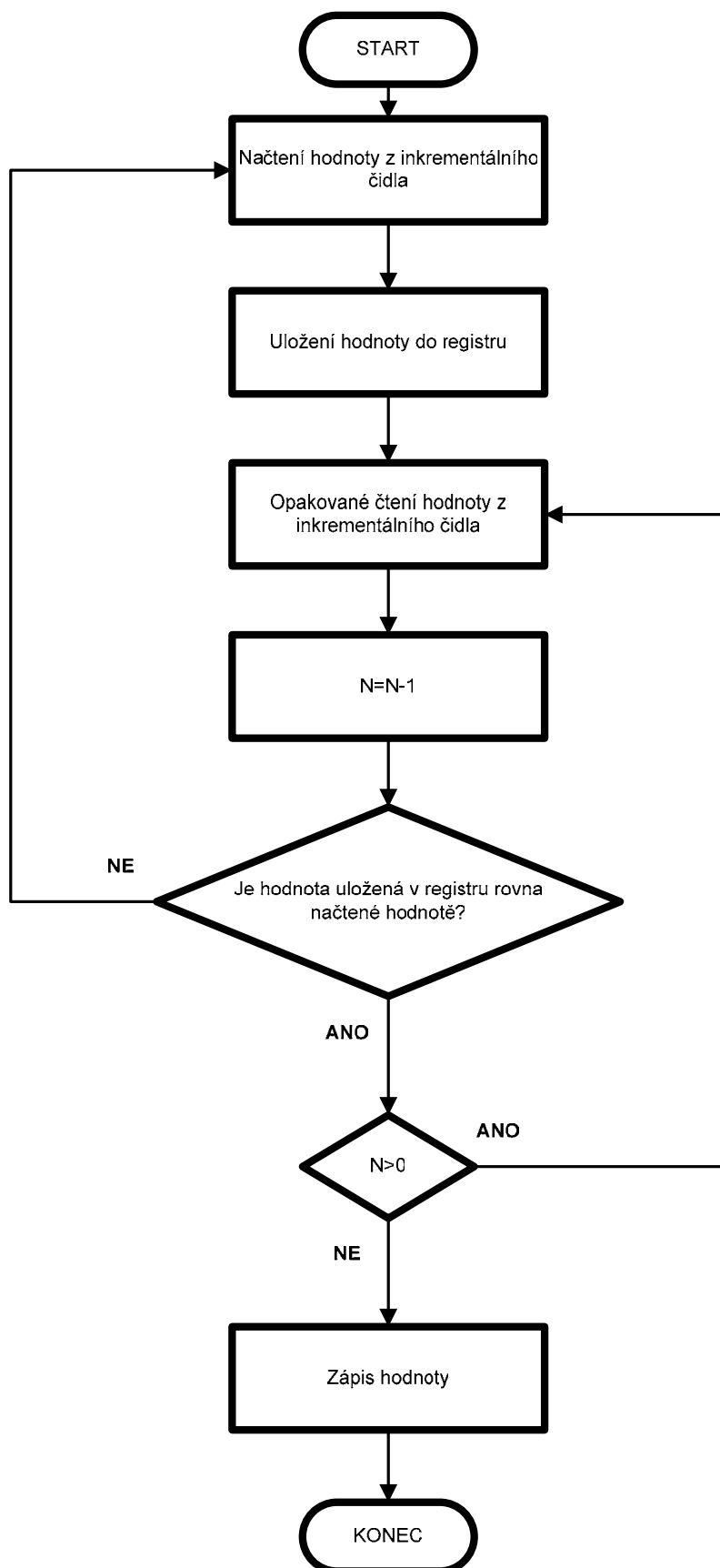


PŘÍLOHA 4: Vývojové schéma funkce vozidla



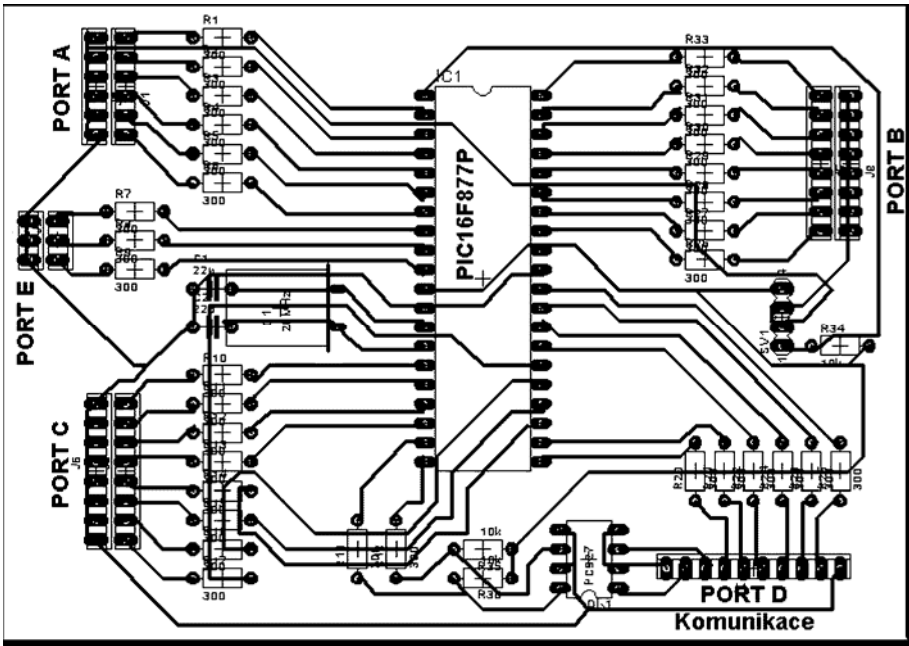
PŘÍLOHA 5: Princip práce inkrementálního čidla

N=20

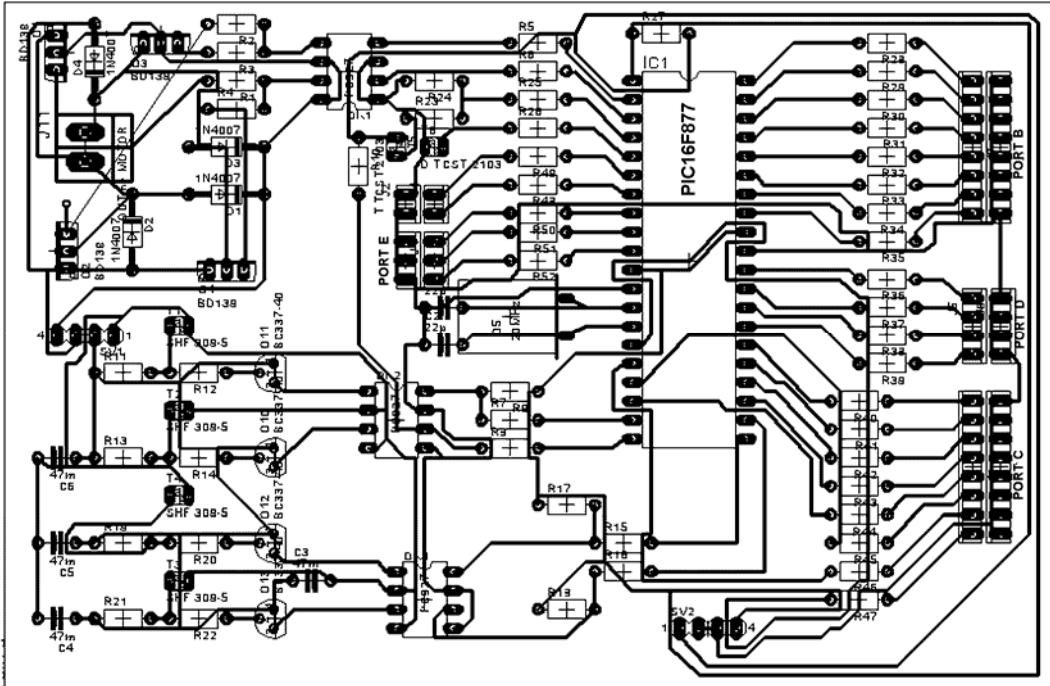


PŘÍLOHA 6: Desky plošných spojů

Plošný spoj a osazení desky nádraží



Plošný spoj a osazení desky vozidla



PŘÍLOHA 7: Seznam součástek použitých při realizaci nádraží

Part	Value	Device	Package	Library	Sheet
C1	22p	CAPNP-5	C-5	discrete	1
C2	22p	CAPNP-5	C-5	discrete	1
C3	47m	CAPNP-5	C-5	discrete	1
C4	47m	CAPNP-5	C-5	discrete	1
C5	47m	CAPNP-5	C-5	discrete	1
C6	47m	CAPNP-5	C-5	discrete	1
D1	1N4007	1N4004	D041-10	diode	1
D2	1N4007	1N4004	D041-10	diode	1
D3	1N4007	1N4004	D041-10	diode	1
D4	1N4007	1N4004	D041-10	diode	1
IC1	PIC16F877P	PIC16F877P	DIL40	microchip	1
J1		MTA02-100	10X02MTA	con-amp	1
J2		MTA02-100	10X02MTA	con-amp	1
J3		MTA03-100	10X03MTA	con-amp	1
J4		MTA03-100	10X03MTA	con-amp	1
J5		MTA04-100	10X04MTA	con-amp	1
J6		MTA04-100	10X04MTA	con-amp	1
J7		MTA08-100	10X08MTA	con-amp	1
J8		MTA08-100	10X08MTA	con-amp	1
J9		MTA08-100	10X08MTA	con-amp	1
J10		MTA08-100	10X08MTA	con-amp	1
J11	OUT na MOTOR	MTA02-156	1X2MTA	con-amp	1
OK1	PC827	PC827	DIL08	optocoupler	1
OK2	PC827	PC827	DIL08	optocoupler	1
OK3	PC827	PC827	DIL08	optocoupler	1
Q1	BD139	BD139	T0126AV	transistor-power	1
Q2	BD139	BD139	T0126AV	transistor-power	1
Q3	BD139	BD139	T0126AV	transistor-power	1
Q4	BD139	BD139	T0126AV	transistor-power	1
Q5	20MHz	XTAL	Q	special	1
Q10	BC337-40	BC337-40	T092	transistor-npn	1
Q11	BC337-40	BC337-40	T092	transistor-npn	1
Q12	BC337-40	BC337-40	T092	transistor-npn	1
Q13	BC337-40	BC337-40	T092	transistor-npn	1
R1	1K	RESEU-7,5	R-7,5	discrete	1
R2	1K	RESEU-7,5	R-7,5	discrete	1
R3	1K	RESEU-7,5	R-7,5	discrete	1
R4	1K	RESEU-7,5	R-7,5	discrete	1
R5	300	RESEU-7,5	R-7,5	discrete	1
R6	300	RESEU-7,5	R-7,5	discrete	1
R7	300	RESEU-7,5	R-7,5	discrete	1
R8	300	RESEU-7,5	R-7,5	discrete	1
R9	10K	RESEU-7,5	R-7,5	discrete	1
R10	10K	RESEU-7,5	R-7,5	discrete	1
R11	1K	RESEU-7,5	R-7,5	discrete	1
R12	1K	RESEU-7,5	R-7,5	discrete	1
R13	1K	RESEU-7,5	R-7,5	discrete	1
R14	1K	RESEU-7,5	R-7,5	discrete	1
R15	300	RESEU-7,5	R-7,5	discrete	1

R16	300	RESEU-7,5	R-7,5	discrete	1
R17	10K	RESEU-7,5	R-7,5	discrete	1
R18	10K	RESEU-7,5	R-7,5	discrete	1
R19	1K	RESEU-7,5	R-7,5	discrete	1
R20	1K	RESEU-7,5	R-7,5	discrete	1
R21	1K	RESEU-7,5	R-7,5	discrete	1
R22	1K	RESEU-7,5	R-7,5	discrete	1
R23	1K	RESEU-7,5	R-7,5	discrete	1
R24	1K	RESEU-7,5	R-7,5	discrete	1
R25	300	RESEU-7,5	R-7,5	discrete	1
R26	300	RESEU-7,5	R-7,5	discrete	1
R27	10K	RESEU-7,5	R-7,5	discrete	1
R28	300	RESEU-7,5	R-7,5	discrete	1
R29	300	RESEU-7,5	R-7,5	discrete	1
R30	300	RESEU-7,5	R-7,5	discrete	1
R31	300	RESEU-7,5	R-7,5	discrete	1
R32	300	RESEU-7,5	R-7,5	discrete	1
R33	300	RESEU-7,5	R-7,5	discrete	1
R34	300	RESEU-7,5	R-7,5	discrete	1
R35	300	RESEU-7,5	R-7,5	discrete	1
R36	300	RESEU-7,5	R-7,5	discrete	1
R37	300	RESEU-7,5	R-7,5	discrete	1
R38	300	RESEU-7,5	R-7,5	discrete	1
R39	300	RESEU-7,5	R-7,5	discrete	1
R40	300	RESEU-7,5	R-7,5	discrete	1
R41	300	RESEU-7,5	R-7,5	discrete	1
R42	300	RESEU-7,5	R-7,5	discrete	1
R43	300	RESEU-7,5	R-7,5	discrete	1
R44	300	RESEU-7,5	R-7,5	discrete	1
R45	300	RESEU-7,5	R-7,5	discrete	1
R46	300	RESEU-7,5	R-7,5	discrete	1
R47	300	RESEU-7,5	R-7,5	discrete	1
R48	300	RESEU-7,5	R-7,5	discrete	1
R49	300	RESEU-7,5	R-7,5	discrete	1
R50	300	RESEU-7,5	R-7,5	discrete	1
R51	300	RESEU-7,5	R-7,5	discrete	1
R52	300	RESEU-7,5	R-7,5	discrete	1
SV1		MA04-1	MA04-1	con-lstb	1
SV2		MA04-1	MA04-1	con-lstb	1
T1	SHF 309-5	BPX81	BPX81		1
T2	SHF 309-5	BPX81	BPX81		1
T3	L-53P3C	BPX81	BPX81		1
T4	L-53P3C	BPX81	BPX81		1
T5	T TCST 2103	BPX81	BPX81		1
T6	D TCST 2103	BPX81	BPX81		1

PŘÍLOHA 8: Seznam součástek použitých při realizaci nádraží

Part	Value	Device	Package	Library	Sheet
C1	22p	CAPNP-5	C-5	discrete	1
C2	22p	CAPNP-5	C-5	discrete	1
IC1	PIC16F877P	PIC16F877P	DIL40	microchip	1
J1		MTA06-100	10X06MTA	con-amp	1
J2		MTA03-100	10X03MTA	con-amp	1
J3		MTA08-100	10X08MTA	con-amp	1
J4		MTA10-100	10X10MTA	con-amp	1
J5		MTA08-100	10X08MTA	con-amp	1
J6		MTA08-100	10X08MTA	con-amp	1
J7		MTA06-100	10X06MTA	con-amp	1
J8		MTA03-100	10X03MTA	con-amp	1
J9		MTA08-100	10X08MTA	con-amp	1
OK1	PC827	PC827	DIL08	optocoupler	1
Q1	20MHz	XTAL	Q	special	1
R1		RESEU-7,5	R-7,5	discrete	1
R2		RESEU-7,5	R-7,5	discrete	1
R3		RESEU-7,5	R-7,5	discrete	1
R4		RESEU-7,5	R-7,5	discrete	1
R5		RESEU-7,5	R-7,5	discrete	1
R6		RESEU-7,5	R-7,5	discrete	1
R7		RESEU-7,5	R-7,5	discrete	1
R8		RESEU-7,5	R-7,5	discrete	1
R9		RESEU-7,5	R-7,5	discrete	1
R10		RESEU-7,5	R-7,5	discrete	1
R11		RESEU-7,5	R-7,5	discrete	1
R12		RESEU-7,5	R-7,5	discrete	1
R13		RESEU-7,5	R-7,5	discrete	1
R14		RESEU-7,5	R-7,5	discrete	1
R15		RESEU-7,5	R-7,5	discrete	1
R16		RESEU-7,5	R-7,5	discrete	1
R17		RESEU-7,5	R-7,5	discrete	1
R18	300	RESEU-7,5	R-7,5	discrete	1
R19	300	RESEU-7,5	R-7,5	discrete	1
R20		RESEU-7,5	R-7,5	discrete	1
R21		RESEU-7,5	R-7,5	discrete	1
R22		RESEU-7,5	R-7,5	discrete	1
R23		RESEU-7,5	R-7,5	discrete	1
R24		RESEU-7,5	R-7,5	discrete	1
R25		RESEU-7,5	R-7,5	discrete	1
R26		RESEU-7,5	R-7,5	discrete	1
R27		RESEU-7,5	R-7,5	discrete	1
R28		RESEU-7,5	R-7,5	discrete	1
R29		RESEU-7,5	R-7,5	discrete	1
R30		RESEU-7,5	R-7,5	discrete	1
R31		RESEU-7,5	R-7,5	discrete	1
R32		RESEU-7,5	R-7,5	discrete	1
R33		RESEU-7,5	R-7,5	discrete	1
R34	10k	RESEU-7,5	R-7,5	discrete	1
R35	10k	RESEU-7,5	R-7,5	discrete	1
R36	10k	RESEU-7,5	R-7,5	discrete	1
SV1		MA04-1	MA04-1	con-1stb	1